Мультипротокольные маршрутизаторы NSG

Программное обеспечение NSG Linux

Руководство пользователя

Часть 5

Туннелирование и виртуальные частные сети (VPN)

Версия программного обеспечения 1.0 build 6

Обновлено 05.07.2012

Москва 2012

АННОТАЦИЯ

Данный документ содержит руководство по настройке и применению мультипротокольных маршрутизаторов NSG, оснащенных программным обеспечением NSG Linux. Руководства по применению других продуктов NSG, а также базового программного обеспечения NSG для серий NPS–7e, NSG–500, NX–300 и NSG–800 содержатся в отдельных документах.

Документ состоит из следующих разделов:

Часть 1. Общесистемная конфигурация.
Часть 2. Физические порты.
Часть 3. Протоколы канального уровня. Коммутация пакетов.
Часть 4. Маршрутизация и службы IP.
Часть 5. Туннелирование и виртуальные частные сети (VPN).
Часть 6. Основные команды и утилиты NSG Linux.

Пятая часть документа посвящена построению виртуальных частных сетей (VPN) на основе различных технологий и спецификаций. В устройствах NSG реализовано большое число мультипротокольных инкапсуляций, туннелей и VPN, включая современные методы обеспечения целостности данных, защиты от несанкционированного доступа, автоматическое и ручное создание безопасных туннелей через IP-сети общего пользования. Все реализции совместимы с оборудованием других производителей.

Общее описание системы, описание общесистемных параметров и командного языка системы приведены в Части 1. Настройка физических интерфейсов различного типа представлена в Части 2. Настройка протоколов канального уровня (в т.ч. VLAN, организация сеансового доступа средствами PPP и доступа к асинхронным портам средствами Reverse Telnet), коммутация пакетов на втором уровне (Ethernet bridging, Frame Relay) и коммутация пакетов X.25 рассмотрены в Части 3. Настройка IP-маршрутизации и связанных с ней служб, а также механизмов управления IP-трафиком и обеспечения QoS, описана в Части 4. В Части 6 изложены начала работы с ОС Linux в объёме, желательном для администрирования и отладки сетей на основе оборудования NSG с использованием расширенных возможностей системы.

ВНИМАНИЕ Продукция компании непрерывно совершенствуется, в связи с чем возможны изменения отдельных аппаратных и программных характеристик по сравнению с настоящим описанием. Сведения о последних изменениях приведены в файлах README.TXT, CHANGES, а также в документации на отдельные устройства.

Замечания и комментарии по документации NSG принимаются по адресу: doc@nsg.net.ru.

ООО «Эн–Эс–Джи»
Россия 105187 Москва
ул. Вольная, д.35
Тел./факс: (+7–495) 727–19–59 (многоканальный)

http://www.nsg.ru/
mailto:info@nsg.net.ru
mailto:sales@nsg.net.ru
mailto:support@nsg.net.ru

§ СОДЕРЖАНИЕ §

Часть 5. Туннелирование и виртуальные частные сети (VPN)

§5.1. Туннелирование протоколов через сети IP

Программное обеспечение NSG Linux позволяет организовывать туннели для передачи пакетов с одним протоколом через сеть с таким же или другим протоколом. Как правило, в прикладных задачах трафик корпоративной сети туннелируется через сеть общего пользования. Данная версия NSG Linux поддерживает следующие типы туннелей:

— IP-over-IP (GRE)
— IP-in-IP (реализация, совместимая с Linux)
— PPTP (клиент и сервер, с поддержкой MPPE) см. пп.5.2.3, 5.2.4
— PPP-over-Ethernet (клиент и сервер, с поддержкой MPPE) см. пп.5.2.2, 5.2.4
— Ethernet bridge-over-IP (GRE)
— Frame Relay-over-IP (GRE)
— Generic HDLC-over-IP (расширение GRE)
— IP-over-X.25 см. п.5.6.1
— X.25-over-IP см. п.5.6.2

§5.1.1. Туннели GRE и IP-in-IP

Управление туннелями GRE и IP-in-IP производится в меню (config-nsg)# следующими командами:

tunnel ip <1…255>
no tunnel ip <1…255>
Создание/изменение и удаление туннеля с указанным номером, соответственно. Номер туннеля используется только как локальный идентификатор в устройстве NSG и никак не связан с номером, присвоенным этому туннелю на удаленной стороне.

ПРИМЕЧАНИЕ Протокол GRE является самостоятельным протоколом транспортного уровня (в терминах модели OSI), работающим не поверх общеизвестных протоколов TCP или UDP, а параллельно с ними. Идентификатор протокола GRE, указываемый в заголовке IP-пакетов — 47. Для нормальной работы GRE-туннелей в системах с брандмауэрами и фильтрами необходимо разрешить прохождение пакетов IP с данным идентификатором.

Для каждого создаваемого туннеля в системе создается IP-интерфейс с именем вида tuniN. Дальнейшая настройка производится меню туннеля (config-tunnel-N)#. Меню содержит следующие команды:

description "<комментарий>"
Административное описание данного туннеля. Если строка содержит пробелы, она должна быть заключена в кавычки. Максимальная длина описания — 255 символов.

adm-state { up | down }
Административное состояние интерфейса.

destination-ip <ip-адрес>
Адрес удаленной стороны туннеля. В некоторых специальных случаях (при использовании параметра device) адрес может быть не указан, т.е. установлен в значение 0.0.0.0. Это же значение устанавливается по умолчанию.

source-ip <ip-адрес>
IP-адрес, который будет указываться в качестве источника в пакетах, отправляемых в сеть общего пользования. Этот же адрес должен быть указан в качестве назначения в пакетах, получаемых из сети общего пользования и относящихся к данному туннелю.
Если адрес не указан (значение 0.0.0.0, оно же установлено по умолчанию), то в исходящих пакетах в качестве источника указывается адрес того IP-интерфейса, с которого отправляются пакеты. Во входящих пакетах в этом случае в качестве назначения может быть указан IP-адрес любого IP-интерфейса данного устройства NSG; принадлежность пакета тому или иному туннелю (если их несколько) определяется при помощи ключа.

device { none | use <интерфейс> [synchronize-to { register-unregister | up-down }] }
Жесткая привязка туннеля к IP-интерфейсу с указанным именем.
Если для туннеля не задан destination-ip, то интерфейс должен иметь тип "точка-точка".
Если для туннеля установлено значение device none (оно же установлено по умолчанию), то для него необходимо указать destination-ip. В этом случае выходной интерфейс выбирается согласно текущей таблице маршрутизации.
Опциональный параметр register-unregister определяет условия существования туннеля:
register-unregister Туннель безусловно считается в состоянии DOWN, если указанный интерфейс не существует в системе. Значение по умолчанию.

up-down Туннель безусловно считается в состоянии DOWN, если указанный интерфейс находится в состоянии DOWN.

Если указанный интерфейс существует (в любом состоянии) или находится в состоянии UP, соответственно, то состояние туннеля определяется механизмом *keepalive* (см. след. параграф), а при его отсутствии туннель считается всегда в состоянии UP.

ВНИМАНИЕ Команда device use привязывает выход туннеля непосредственно к указанному интерфейсу, минуя любые возможные промежуточные механизмы — такие, как IPsec. Если GRE-туннель должен быть вложен в туннель IPsec, то эту команду следует не использовать, либо указать device use ipsec*N*.

ПРИМЕЧАНИЕ В качестве транспорта для туннеля может использоваться любой IP-интерфейс, в т.ч. другой туннельный интерфейс, виртуальный многоканальный интерфейс teql, и т.п.

key { use < 0...4294967295> | A.B.C.D | none }

Ключ туннеля — число длиной 32 бита. Для удобства ввода ключ может быть задан как в виде обычного десятичного числа, так и в десятично-точечной нотации. При помощи ключа реализуется слабый метод защиты туннеля, а также выбор туннеля, если их в данном устройстве несколько с совпадающими (или не определенными) IP-адресами.
По умолчанию ключ не задан (установлен в значение none).

Как можно видеть, в общем случае для туннеля должно быть установлено хотя бы одно из двух значений destination-ip или device. Если туннелей более одного, то должно быть также установлено хотя бы одно из двух значений source-ip или key.

Для туннелей с инкапсуляцией eth-br-over-gre (см. ниже), а также для работы механизма keepalive (см. след. параграф) обязательно указывать source-ip или device.

ПРИМЕЧАНИЕ В ряде программных и аппаратных продуктов, в т.ч. в некоторых продуктах Cisco Systems, возможна работа только одного туннеля с одинаковыми IP-адресами сторон. В программном обеспечении NSG Linux такая ситуация допускается, а туннели в этом случае различаются по ключу.

checksum { no | yes }

Обработка контрольной суммы. При установленном значении yes контрольная сумма исходящих пакетов вычисляется и указывается в заголовке GRE. Во входящих пакетах проверяется контрольная сумма, поврежденные пакеты уничтожаются.
По умолчанию проверка отключена.

pmtudisc { yes | no }

Включение/выключение функции Path MTU Discovery в туннеле. По умолчанию, а также при использовании параметра TTL, данная функция включена.

sequence-datagrams { yes | no }

Включение/выключение контроля последовательности пакетов. Данный механизм предназначен для уничтожения всех "запоздавших" пакетов. Если он включен, то в исходящие GRE пакеты добавляются порядковые номера, а во входящих — проверяются их номер и пакеты, выпадающие из последовательности, уничтожаются. Например, если пакеты получены в такой последовательности:

1 2 3 5 6 4 7 8

то пакет 4 будет удален.
По умолчанию контроль последовательности выключен. Если он включен, то включать его необходимо на обеих сторонах туннеля.

tos { auto | set <0...255>}

Установка поля Type of Service для пакетов GRE-туннеля в сети общего пользования. По умолчанию принудительная установка поля TOS выключена; в этом случае поле TOS туннеля берется из туннелируемых пакетов корпоративной сети.

ttl { <1...255> | auto | default }

Установка поля TTL для пакетов туннеля. Поскольку туннель сокращает количество шагов маршрутизации (*hops*) для этих пакетов, рекомендуется использовать небольшие значения — обычно 64. При значении auto принудительная установка TTL выключена, т.е. наследуется значение TTL исходного пакета. При значении default (установка по умолчанию) используется общесистемное значение TTL.

ВНИМАНИЕ При использовании протоколов динамической маршрутизации (RIP, OSPF, BGP) поверх туннеля GRE необходимо помнить, что пакеты этих протоколов всегда отправляются с TTL=1, поэтому не проходят далее туннеля. Для нормальной работы этих протоколов поверх GRE необходимо вручную установить для них бóльшее значение TTL, например, 64.

encapsulation { ip-over-gre | ip-over-ip | eth-br-over-ip | hdlc-over-gre }
Выбор инкапсулируемого протокола, т.е. "полезной нагрузки" туннеля, и способа инкапсуляции. В данной версии NSG Linux поддерживаются следующие варианты туннелей:

ip-over-gre	Инкапсуляция GRE, передаются пакеты IP. Туннель участвует в IP-маршрутизации наравне с остальными IP-интерфейсами.
ip-over-ip	Простая инкапсуляция IP-over-IP, используемая в Linux. (Не тождественна GRE!) Совместима с другими программными и аппаратными Linux-системами. Туннель участвует в IP-маршрутизации наравне с остальными IP-интерфейсами.
eth-br-over-gre	Инкапсуляция GRE, передаются пакеты Ethernet. Туннель должен быть включен в состав Bridge Group.
hdlc-over-gre	Инкапсуляция GRE, передаются пакеты HDLC общего вида. Как частные случаи, это могут быть пакеты Frame Relay, X.25, PPP или Cisco-HDLC.

По умолчанию используется инкапсуляция IP-over-GRE. Для туннеля данного типа существует дополнительный параметр:

keepalive { <1...32000> retry <1...32000> | no }
Настройка механизма *keepalive* для туннеля. Об особенностях реализации данного механизма см. следующий параграф. Первый параметр определяет периодичность отсылки запросов *keepalive*, второй — максимально допустимое число неудачных попыток.

Для туннелей с другой инкапсуляцией механизм *keepalive* использоваться не может.

Далее для туннеля с инкапсуляцией ip-over-gre или ip-over-ip в меню включаются команды, общие для всех IP-интерфейсов (физических портов, Frame Relay DLCI, Ethernet VLAN и т.п.). В данном случае они определяют характеристики интерфейса, представляющего туннель с точки зрения наложенной сети:

[no] access-group ...
Настройка фильтрации IP-пакетов на данном интерфейсе. Подробно см. Часть 4.

[no] crypto ...
Настройка защищенных туннелей VPN, создаваемых на данном IP-интерфейсе. В данном случае трафик частной сети IP передается внутри защищенного туннеля VPN, который, в свою очередь, проходит по туннелю IP-over-IP. Подробно о настройке VPN см. раздел 5.4.

[no] ip ... Настройка параметров протокола IP. Подробно см. Часть 4.

mtu <64...18000>
Установка размера MTU для IP-пакета. Подробно см. Часть 4.

nat ... Настройка трансляции сетевых IP-адресов (NAT) для данного интерфейса. Подробно см. Часть 4.

[no] service-policy ...
Выбор и настройка политики управления IP-трафиком для данного интерфейса. Подробно см. Часть 4.

show ... Просмотр состояния и статистики интерфейса. Подробно см. Часть 4.

Для туннеля с инкапсуляцией eth-br-over-gre добавляется пункт для включения его в состав Ethernet-моста:

bridge-group { <номер> | no }
Включение данного туннеля в программный мост (*bridge group*) Ethernet и исключение из него. Помимо туннелей GRE, в состав моста могут входить физические порты Ethernet, VLAN и виртуальные каналы Frame Relay. Подробно об использовании Bridge Group см. Часть 3.

Для туннеля с инкапсуляцией hdlc-over-gre создается отдельный настраиваемый объект — виртуальный порт с именем вида tN, где N — номер туннеля. Данный объект обладает всеми протокольными параметрами, присущими синхронному порту. В частности, ему может быть назначена инкапсуляция Frame Relay, X.25, PPP Cisco-HDLC, либо Raw-HDLC. Для туннеля Frame Relay-over-IP создаются виртуальные каналы Frame Relay и т.п. В целом настройка такого виртуального порта полностью аналогична протокольной настройке физического синхронного порта, описанной в Части 3.

ПРИМЕЧАНИЕ Туннель Generic HDLC-over-GRE представляет собой фирменное расширение стандартной инкапсуляции Frame Relay-over-GRE, состоящее в том, что для всех протоколов HDLC-семейства в заголовке пакета GRE указывается идентификатор протокола Frame Relay (по причине отсутствия других стандартных идентификаторов). В части Frame Relay-over-IP, данная реализация в устройствах NSG совместима с продуктами других производителей.

§5.1.2. Механизм *keepalive* для туннелей GRE

Протокол GRE не предусматривает встроенного механизма *keepalive*, однако у различных производителей имеются собственные реализации этого механизма. В программном обеспечении NSG Linux используется механизм, предложенный компанией Cisco Systems; подробное описание этого алгоритма приведено в документе Cisco Systems: *GRE Tunnel Keepalives* (Document ID: 64565) и доступно по адресу: http://www.cisco.com/en/US/tech/tk827/tk369/technologies_tech_note09186a008048cffc.shtml.

Суть данного механизма состоит в том, что на удаленную сторону посылается специально сформированный пакет GRE с инкапсулируемым протоколом IP. Внутри него, однако, находится не просто IP-пакет, а еще один GRE-пакет, имеющий адресом назначения IP-адрес системы-инициатора запроса. Такая конструкция не противоречит спецификации GRE, поскольку пакет GRE является частным случаем IP-пакета. В качестве идентификатора протокола в этом пакете указан 0, что позволяет отличить его от остальных пакетов GRE-туннеля.

Инициатор посылает запросы GRE *keepalive* через установленные промежутки времени. Удаленная сторона туннеля разбирает внешний пакет GRE, извлекает из него вложенный пакет и обрабатывает его в соответствии со своей таблицей маршрутизации. Поскольку этот пакет представляет собой готовый пакет GRE-туннеля, он маршрутизируется обратно инициатору. Тот, получив пакет, разбирает его заголовок, по идентификатору протокола определяет, что это не пакет с полезными данными, а ответ на *keepalive*, и считает запрос отвеченным.

При отключенном механизме *keepalive* интерфейс посылает данные в туннель "наугад", не имея никакой информации о доступности и работоспособности удаленной стороны. В этом случае реализация GRE совместима с продуктами любых других сторонних производителей. Однако, чтобы туннель не превратился в "черную дыру", для контроля целостности данных следует использовать механизмы вложенных протоколов.

ВНИМАНИЕ Для работы механизма keepalive обязательно должен быть указан source-ip или device.

ПРИМЕЧАНИЕ Механизм *keepalive* реализован только для туннелей типа IP-over-IP (GRE).

Пример конфигурации.

```
!
nsg
    tunnel ip 1
        destination-ip 10.0.52.34
        source-ip 10.0.52.33
        keepalive 3 retry 5
        encapsulation ip-over-gre
        exit
!
```

В данном случае запрос посылается каждые 3 секунды. В случае 5 неудачных запросов интерфейс tuni1 переходит в состояние DOWN. При этом удаляются маршруты через этот интерфейс и др. Пакеты с данными, поступающие от удаленной стороны туннеля, сбрасываются с сообщением "proto unreachable" (как если бы туннеля не было вовсе).

Независимо от состояния интерфейса запросы продолжают посылаться; при получении первого ответа, т.е. при восстановлении работоспособности туннеля, интерфейс переходит в состояние UP, для него восстанавливаются все маршруты и дополнительные службы.

Из сути данного механизма следует, что запрос *keepalive* формируется в рамках туннеля и ответить на него может только вторая сторона туннеля, в рамках которого он создан. При этом наличие потока данных (в любую сторону) никак не влияет на алгоритм поднятия и опускания туннеля, т.е. если ответы на *keepalive* не приходят, то интерфейс перейдет в состояние DOWN независимо от того, что данные вроде как идут.

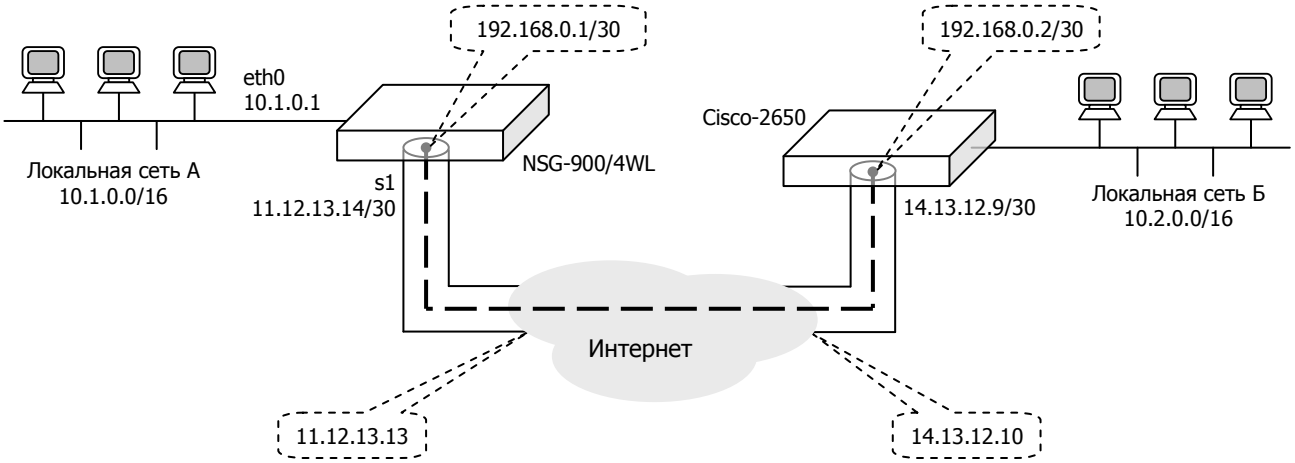
В частности, для того, чтобы система отвечала на запросы удаленной стороны, в ней должен быть создан туннельный интерфейс, для него указано административное состояние UP и указан адрес удаленной стороны. На входящие запросы туннель отвечает всегда, даже если сам он находится в состоянии DOWN по причине неполучения ответов *keepalive* от удаленной стороны, или на нём выставлен флаг DOWN вручную (командой ifconfig tuni1 down в командной оболочке Linux). Кроме того, прохождение пакетов GRE keepalive должно быть не запрещено фильтрами на обеих сторонах:

```
add 1 permit 47 <источник> <назначение>
```

ВНИМАНИЕ Обычные Linux-системы не поддерживают *keepalive* и не отвечают на него, несмотря на то, что туннели поддерживаются. Это следует из общего правила, гласящего, что система не может принимать пакеты, которые якобы исходят от неё самой (а именно такой прием используется в данном случае).
Маршрутизаторы Cisco Systems поддерживают ответ на *keepalive* даже в том случае, если сами не умеют его посылать, но умеют создавать туннели.
Для продуктов других производителей возможна одна из двух вышеописанных ситуаций, в также иные фирменные реализации GRE *keepalive*.

§5.1.3. Пример построения туннеля IP-over-GRE

Схема стенда показана на рисунке. Стенд состоит из двух пограничных маршрутизаторов, соединенных через сеть общего пользования. Для наглядности на одной стороне используется устройство NSG–900, на другой — Cisco–2650.



Через маршрутизаторы связаны две приватные сети 10.1.0.0/16 и 10.2.0.0/16. Трафик этих сетей передается в туннеле между интерфейсами пограничных маршрутизаторов NSG–900 (11.12.13.14) и Cisco–2650 (14.13.12.9). При этом весь IP-пакет приватной сети, включая заголовок, передается как данные в новом пакете между двумя маршрутизаторами. На противоположной стороне пакеты корпоративной сети извлекаются из пакетов туннеля и передаются в приватную сеть. Для простоты приведены минимальные настройки, необходимые для работы туннеля. (Параметры, не относящиеся непосредственно к туннелю, опущены.)

Настройка NSG–900

```
!
nsg
    port eth0
        ip address 10.1.0.1/16
        exit
    tunnel ip 1
        description "tunnel NSG - CISCO"
        adm-state up
        destination-ip 14.13.12.9
        source-ip 11.12.13.14
        ip address 192.168.0.1/30
        exit
    exit
!
ip route 10.2.0.0/16  tuni1
ip route 14.13.12.9/32  11.12.13.13
!
```

Настройка Cisco–2650

```
!
interface FastEthernet0/0
    ip address 10.2.0.1 255.255.0.0
!
interface tunnel 0
    description "tunnel CISCO - NSG"
    tunnel mode gre ip
    tunnel destination 11.12.13.14
    tunnel source 14.13.12.9
    ip address 192.168.0.2/30
!
ip route 10.1.0.0/16  192.168.0.1
ip route 11.12.13.14  255.255.255.255  14.13.12.10
!
```

§5.2. Сети VPDN второго уровня

§5.2.1. Общие замечания о VPDN

Виртуальные частные сети второго уровня в данной версии NSG Linux представлены соединениями PPP-over-Ethernet (PPPoE) и Point-to-Point Tunneling Protocol (PPTP). Оба эти протокола представляют собой расширения PPP, позволяющие устанавливать соединения "точка-точка", вместо физической среды, через сети Ethernet и IP, соответственно. Оба протокола имеют ряд свойств, унаследованных от PPP:

— Соединения имеют сеансовый, а не постоянный характер.
— При установке PPP-соединения может быть выполнена аутентификация и авторизация (односторонняя или взаимная), а по мере работы — учёт работы пользователей. Для этих целей могут быть использованы локальная таблица пользователей или централизованные сервера TACACS+ (в данной версии NSG Linux не реализовано) и RADIUS.
— При установке IP-соединения могут быть согласованы параметры IP.
— При передаче трафика может использоваться сжатие с использованием различных методов, а также шифрование по протоколу MPPE (Microsoft Point-to-Point Encryption).

Второй и четвёртый пункт из этого списка полностью решают задачи, определяющие сущность VPN: аутентификацию сторон, обеспечение целостности трафика и защиту от несанкционированного доступа к данным. С учетом сеансового характера соединений, такие сети называются *Virtual Private Dial-up Networks* — VPDN.

Для организации соединений PPPoE и PPTP, как и для PPP, используется шаблон — *virtual-template.* Он содержит полную информацию о настройках виртуального интерфейса: IP-адреса и способ их назначения, способ аутентификации и т.п. Подробно о *virtual-template* см. Часть 3.

Существенное отличие PPPoE и PPTP от PPP заключается в том, что эти два протокола — асимметричные, т.е. основаны на чётком разделении ролей клиента и сервера.

§5.2.2. Клиент PPPoE

Клиент PPPoE может работать поверх как физической, так и виртуальной сети Ethernet. Меню портов Ethernet и суб-интерфейсов VLAN содержит команды:

no pppoe — Полное отключение клиента PPPoE. При этом разрывается соединение, если оно существует в данный момент, и все параметры клиента принимают значения по умолчанию (в т.ч. client disable).

pppoe — Переход в подменю настройки клиента PPPoE.

Дальнейшая настройка производится в меню (config-pppoe)#, которое содержит следующие пункты:

client { enable | disable }
Разрешить клиенту PPPoE на данном порту подключиться к серверу, или запретить подключение. По умолчанию соединение запрещено. Если для клиента настроены некоторые параметры, отличные от значений по умолчанию, то при установке client disable соединения запрещаются (и разрывается существующее), но настроенные значения параметров сохраняются — в отличие от команды no pppoe в вышестоящем меню.

Если клиент PPPoE запущен, в системе создается интерфейс с именем родительского интерфейса и суффиксом ".0" например:

eth0.0	PPPoE клиент на порту eth0
s1.0	PPPoE клиент на порту s1 с установленным модулем расширения IM–ET10F
eth0.101.0	PPPoE клиент на VLAN 101, работающей на физическом порту eth0

На этом же родительском интерфейсе, параллельно с пакетами PPPoE, могут отправляться и приниматься обычные пакеты Ethernet или VLAN, соответственно. Формат, в котором будет отправлен пакет ("обычный" или PPPoE), целиком определяется маршрутизацией.

ВНИМАНИЕ Если требуются дополнительные настройки интерфейса PPPoE (NAT, QoS, IPsec и др.), то для них требуется создать в системе псевдо-интерфейс с таким же именем и выполнить настройки в меню этого интерфейса, например:

```
(config-nsg)# pseudo-interface eth0.101.0
(config-pseudo-interface-eth0.101.0)# nat masquerade
```

В системе могут одновременно работать несколько клиентов PPPoE, при условии, что каждый из них работает на отдельном интерфейсе Ethernet или VLAN.

ПРИМЕЧАНИЕ В данной версии NSG Linux клиенты PPPoE могут работать на любом числе интерфейсов Ethernet, но только на одном суб-интерфейсе VLAN. Номер VLAN не должен быть выше 255.

server <имя>

Указание имени PPPoE-сервера, к которому нужно подключиться. Имя может состоять из букв и цифр и вводится в двойных кавычках или без них. Большие и маленькие буквы в имени различаются. По умолчанию имя сервера не указано (указана пустая строка ""). В этом случае клиенту разрешается подключиться к любому серверу, доступному в данной локальной сети.

ПРИМЕЧАНИЕ Протокол PPPoE добавляет заголовок длиной 8 байт, поэтому рекомендуется уменьшить размер MTU на эту величину:

```
virtual-template N
    ip mtu 1492
```

Несоблюдение этой рекомендации, в принципе, не препятствует работе, но приводит к излишней фрагментации пакетов.

virtual-template <номер>

Указатель на шаблон интерфейса (virtual-template). Подробно о *virtual-template* см. Часть 3.

ppp-log { previous | current }

Просмотр журнала сеанса PPPoE. Ключевое слово previuos выводит журнал последней завершенной попытки, current — текущей попытки. Во втором случае, повторяя ввод команды, можно проследить ход сеанса по мере его выполнения.

discovery Поиск доступных серверов PPPoE в данной локальной сети. Команда выполняется в течении 5 секунд. Пример вывода:

```
nsg(config-port-eth0)# pppoe discovery

Access-Concentrator: LinuxRH9
Got a cookie: 43 19 cf a8 b3 0b 07 2f ce ea 76 00 e1 14 d5 1e db 20 00 00
AC-Ethernet-Address: 00:0c:6e:41:51:b5
-----------------------------------------------------------------------
Access-Concentrator: NSGbasicSW
Got a cookie: e8 49 c1 49 5b 94 0a d3 8c 21 d8 ef 99 5c b4 95
AC-Ethernet-Address: 00:09:56:10:05:97
-----------------------------------------------------------------------
Access-Concentrator: CISCO
Got a cookie: cb 13 b7 11 c0 6a 92 ff fb bf 42 ea 3f 8f 5f 03
AC-Ethernet-Address: 00:02:16:66:7b:40
-----------------------------------------------------------------------
Access-Concentrator: NSGLinux
Got a cookie: 96 79 58 ff 45 3e 8f 1b f8 af 75 3e 5b 20 90 b6 00 00 00 76
AC-Ethernet-Address: 00:09:56:12:00:fe
-----------------------------------------------------------------------
```

Здесь в первой строке указаны имена серверов (Access-Concentrator), в третьей строке — их MAC-адреса. В случае, если ни один из серверов не отозвался на процедуру *discovery*, будет выведено сообщение:

```
pppoe: Timeout waiting for PADO packets
```

Параметр discovery является командой и не сохраняется в энергонезависимой памяти.

show Просмотр статуса и статистики соединения PPPoE. Пример вывода:

```
nsg(config-port-s1)# pppoe show

15: s1.0: <POINTOPOINT,MULTICAST,NOARP,UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast qlen 3
    link/ppp
    inet 17.0.0.2 peer 17.0.0.1/32 scope global s1.0
    RX: bytes   packets   errors    dropped   overrun   mcast
    1062997     2715      0         0         0         0
    RX errors:  length    crc       frame     fifo      missed
                0         0         0         0         0
    TX: bytes   packets   errors    dropped   carrier   collsns
    758         19        0         0         0         0
    TX errors:  aborted   fifo      window    heartbeat
                0         0         0         0
```

Здесь в первой строке важно состояние интерфейса (ключевое слово "UP"). В третьей показаны адреса —локальный (inet) и удаленный (peer) — полученные от сервера в результате согласования. Подробнее о команде show см. Часть 4.

ПРИМЕЧАНИЕ При работе с PPPoE-серверами компании Cisco Systems рекомендуется использовать на них следующие настройки для корректного согласования размера MTU:

```
vpdn-group <номер>
    ip mtu adjust
```

а также, в некоторых случаях, для корректной обработки фрагментированных пакетов

```
no ip cef
```

§5.2.3. Клиент PPTP

Протокол PPTP предназначен для передачи пакетов PPP через сеть IP при помощи общего механизма GRE. Для работы этого протокола, помимо потока датаграмм, содержащих "полезную нагрузку", организуется управляющее соединение, устанавливаемое от клиента к серверу на порт TCP 1723. Для работы PPTP необходимо, чтобы на стороне сервера было разрешено принимать входящие TCP-пакеты и запросы на установление соединений по данному порту.

Создание туннелей PPTP производится в меню (config-nsg)# следующими командами:

tunnel pptp <1…255>
no tunnel pptp <1…255>
: Создание/изменение и удаление туннеля с указанным номером, соответственно. Номер туннеля используется только как локальный идентификатор в устройстве NSG и никак не связан с номером, присвоенным этому туннелю на удаленной стороне.

Для каждого создаваемого туннеля в системе создается IP-интерфейс с именем вида pptpN. Дальнейшая настройка производится меню туннеля (config-tunnel-N)#. Меню содержит следующие команды:

description "<комментарий>"
: Административное описание данного туннеля. Если строка содержит пробелы, она должна быть заключена в кавычки. Максимальная длина описания — 255 символов.

adm-state { up | down }
: Административное состояние интерфейса.

server-address <ip-адрес>
: Адрес удаленной стороны (сервера PPTP). Параметр обязательный.

ВНИМАНИЕ При настройке сервера PPTP необходимо обратить внимание на случай, когда туннельный интерфейс сервера является ненумерованным (*unnumbered*). При такой конфигурации он не должен использовать IP-адрес от того внешнего интерфейса, через который входит туннель.

source-address <ip-адрес>
: Адрес, указываемый в качестве адреса источника в пакетах, относящихся к данному туннелю. Если параметр не задан (0.0.0.0 — значение по умолчанию), в качестве адреса источника указывается адрес того IP-интерфейса, через который пакеты уходят в сеть общего пользования. В специфических сетевых решениях, требующих некоторого определенного значения адреса источника (например, для фильтрации), данный параметр позволяет принудительно установить любой IP-адрес, принадлежащий какому-либо интерфейсу устройства.

virtual-template <1…25>
: Указатель на шаблон интерфейса. Подробно о *virtual-template* см. Часть 3.

ПРИМЕЧАНИЕ Протокол PPTP добавляет 33–37 байт накладных расходов. Рекомендуется явно указать в *virtual-template* на обеих сторонах значение ip mtu, уменьшенное, по крайней мере, на эту величину по сравнению со стандартным; например, для сервера, работающего на порту Ethernet, рекомендуется установить ip mtu 1460. Несоблюдение этой рекомендации, в принципе, не препятствует работе, но приводит к излишней фрагментации пакетов.

ppp-log { previous | current }
: Просмотр журнала сеанса PPTP. Ключевое слово previuos выводит журнал последней завершенной попытки, current — текущей попытки. Во втором случае, повторяя ввод команды, можно проследить ход сеанса по мере его выполнения.

keepalive { no | <0…3600> [retry {<1…100> | no }] }
: Проверка целостности управляющего TCP-соединения с помощью механизма Echo Request/Reply. Первый параметр определяет интервал (в секундах) между посылкой контрольных пакетов; если значение параметра равно нулю или no, запросы не посылаются. При этом ответы на приходящие запросы отсылаются в любом случае (в т.ч. и при keepalive no).
Второй параметр устанавливает максимальное количество запросов. Если на указанное число запросов подряд не получено ни одного ответа, соединение разрывается. Суммарное время, по истечении которого интерфейс сочтет соединение неработающим и рестартует, равно произведению этих двух параметров. Значение retry no показывает, что разрыв соединения не производится, независимо от отсутствия ответов на запросы; такая установка целесообразна, например, если пакеты *keepalive* посылаются с единственной целью предотвратить разрыв соединения на физическом уровне из-за отсутствия трафика (переход сотовых модемов в "спящий" режим и т.п.).
При изменении параметра keepalive параметр retry автоматически принимает значение no. Таким образом, чтобы использовать механизм зондирования и разрыва соединения, данную команду необходимо вводить полностью.
По умолчанию установлены следующие значения параметров: keepalive no retry no.

show ...
: Просмотр состояния и статистики интерфейса. Подробно см. Часть 4.

Особо стоит остановиться на контроле целостности соединения PPTP, поскольку он может осуществляться в трех местах: на уровне несущего соединения PPP или SLIP в сети общего пользования, на уровне соединения PPTP и в управляющем соединении PPTP. Рекомендуется использовать контроль только на одном объекте, представляющем собой наиболее слабое звено стека, а именно:

— Для соединений через сотовые сети, коммутируемые модемные линии и другие типы подключений, которые могут быть потенциально ненадежны и неустойчивы — в шаблоне несущего соединения PPP.

— Для соединений через сети Ethernet, IP-over-X.25 и т.п. надежные среды — в управляющем соединении PPTP.

ПРИМЕЧАНИЕ При работе с PPTP-серверами компании Cisco Systems рекомендуется использовать на них следующие настройки для корректного согласования размера MTU и фрагментации пакетов:

```
no ip cef
vpdn-group <номер>
    ip mtu adjust
```

§5.2.4. Сервер VPDN

Для работы устройства NSG в качестве сервера PPPoE или PPTP необходимо определить виртуальную частную сеть доступа (Virtual Private Dialup Network, VPDN). В данной версии NSG Linux такие сети создаются и удаляются в меню NSG следующим образом:

```
(config-nsg)# vpdn-group  <1...25>
(config-nsg)# no vpdn-group  <номер>
```

Первая команда создает шаблон с указанным номером, если он не существует, и осуществляет вход в меню редактирования шаблона. Одновременно в устройстве могут работать несколько серверов PPPoE и/или PPTP, если каждый из них относится к своему порту (или к объекту, эквивалентному порту).

Настройка сервера VPDN производится в меню (config-vpdn-group-N)#.

protocol { pppoe | pptp }
: Выбор протокола туннелирования.

session-limit <1...1000>
: Установить максимальное число одновременных сеансов работы пользователей. Значение по умолчанию — 10.

virtual-template <номер>
: Указатель на шаблон интерфейса (virtual-template). Подробно о *virtual-template* см. Часть 3.

ПРИМЕЧАНИЕ Для корректной работы с удалёнными клиентами PPPoE некоторых производителей следует принудительно указать в *virtual-template* максимальный размер блока данных, принимаемый устройством NSG:

```
ppp options "mru 1492"
```

Для сервера PPTP проблема фрагментирования ещё более актуальна, поскольку этот протокол добавляет 33–37 байт накладных расходов. Рекомендуется явно указать в *virtual-template* на обеих сторонах значение ip mtu, уменьшенное, по крайней мере, на эту величину по сравнению со стандартным; например, для сервера, работающего на порту Ethernet, рекомендуется установить ip mtu 1460. Несоблюдение этой рекомендации, в принципе, не препятствует работе, но приводит к излишней фрагментации пакетов.

pppoe name <имя>
: Только для сервера PPPoE: установить имя сервера. По умолчанию данный параметр имеет пустое значение; в этом случае созданный сервер получает имя, указанное в параметре hostname устройства.

source-ip <ip-адрес>
: Только для сервера PPTP: IP-адрес, используемый сервером. Сервер VPDN в NSG Linux всегда запускается на конкретном порту и, по умолчанию, использует IP-адрес этого порта. Если source-ip не установлен (т.е. равен 0.0.0.0) , то выбирается первый IP-адрес, назначенный данному порту.
Данный параметр позволяет явно задать адрес сервера, в частности, в следующих случаях:
— если сервер запускается на порту, адрес которого назначается динамически (например, на порту PPP со статическим IP-адресом, или на порту Ethernet, WiMAX, настраиваемом по DHCP)
— если порт имеет несколько IP-адресов
— если сервер VPDN должен использовать IP-адрес другого порта
Если порт не имеет IP-адреса и source-ip также не установлен, то формально подставляется локальный адрес 127.0.0.1, но VPDN при этом получается неработоспособной.

Запуск и остановка сервера VPDN производится в меню порта (или эквивалентного ему объекта). Для сервера PPPoE это должен быть объект с инкапсуляцией Ethernet.

vpdn-group { <номер> | no }
Запустить/остановить сервер PPPoE с указанным номером на данном порту.

Следующие особенности работы протокола PPP относятся только к серверу PPTP:

— В *virtual-template* для сервера PPTP должен быть указан режим соединения ppp connection permanent. При режиме passive или on-demand соединение устанавливаться не будет, поскольку после установления управляющего соединения клиент ждёт LCP запросы от сервера.

— Если клиенты запрашивают IP-адреса, то самому себе PPTP-сервер NSG всегда назначает адрес, указанный в *virtual-template* (параметром ip address x.x.x.x) — даже в том случае, если сервер RADIUS присылает другое значение.

— Если клиенты запрашивают IP-адреса и сервер RADIUS не используется или не назначает IP-адреса клиентам, то PPTP-сервер NSG последовательно назначает им свободные адреса, начиная от указанного в *virtual-template* параметром peer ip address a.b.c.d. Но при этом изменяется только последний байт адреса, т.е. в любом случае адреса увеличиваются не далее чем до a.b.c.254 — даже если значение session-limit ещё не достигнуто.
Таким образом, фактическое число клиентов, которые могут быть одновременно подключены к серверу, ограничено параметром session-limit или адресным диапазоном, в зависимости от того, какое из этих ограничений будет достигнуто раньше.

— Если адреса клиентам назначаются от сервера RADIUS, тогда:
  — на PPTP-сервере в *virtual-template* для данной *vpdn-group* обязательно должно быть указано
    peer ip address 0.0.0.0
  — в базе данных RADIUS-сервера для каждого пользователя должен быть задан его адрес, например:
    Framed-IP-Address = 11.0.0.17

— Если адреса клиентов не заданы ни параметром peer ip address, ни сервером RADIUS, тогда по умолчанию им последовательно назначаются адреса 192.168.1.1, 192.168.1.2, etc.

— Если адрес сервера не задан параметром ip address, тогда по умолчанию он последовательно назначает себе в каждом соединении адреса 192.168.0.1, 192.168.0.2, etc.

— Механизм *keepalive* на управляющем TCP-соединении не настраивается, но используется и имеет фиксированный интервал посылки пакетов — 60 сек. и фиксированное число попыток — 1. Для более точного контроля можно использовать *keepalive* в PPP-соединении (настраивается в *virtual-template*).

§5.3. Общие сведения о виртуальных частных сетях третьего уровня

§5.3.1. Технология построения VPN на базе IPsec

Программное обеспечение NSG Linux поддерживает построение виртуальных частных сетей (VPN) при помощи IP-туннелирования на основе спецификации IPsec. Настройка VPN складывается из следующих этапов:

— Определение трафика, который должен быть защищен. Производится с помощью списков доступа (*access lists*), каждый из которых имеет свой уникальный номер.

— Определение правила преобразования для этого трафика. Производится с помощью описаний правил (*transform sets*), каждое из которых также имеет уникальный номер.

— Настройка туннеля для передачи указанного трафика с указанным преобразованием. Совокупность параметров туннеля (*crypto map*) включает номер списка доступа и номер правила преобразования, а также параметры, относящиеся к собственно соединению между двумя шлюзами VPN. Туннель может быть создан одним из двух способов:

  — Постоянно существующий туннель. Для создания постоянного туннеля используется ручное согласование ключей, используемых обоими шлюзами.

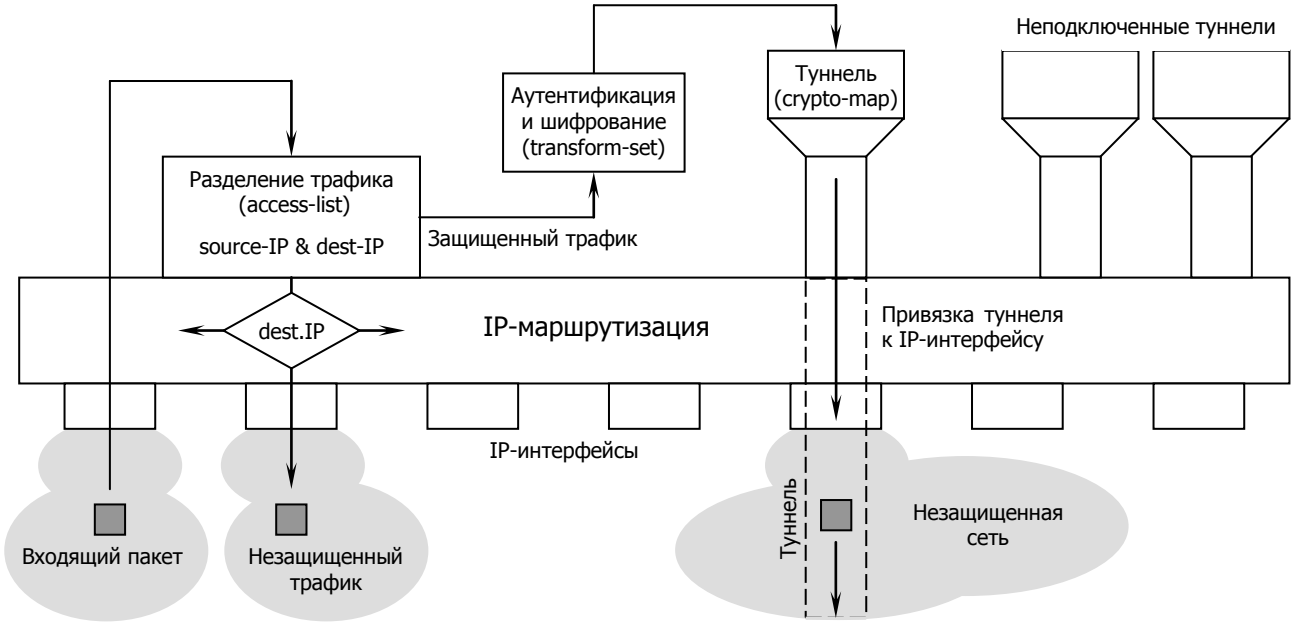
  — Динамически создаваемый туннель. Для создания такого туннеля используется процедура автоматического согласования ключей, определенная протоколом IKE (Internet Key Exchange).

— Подключение созданного туннеля к одному из IP-интерфейсов маршрутизатора.

Постоянный и динамически создаваемый туннели имеют следующие отличия:

Постоянный	Динамический
Создается в результате ручного конфигурирования и существует до тех пор, пока не будет удален из конфигурации устройства.	Подготавливается (!) в результате конфигурирования устройства. Создается автоматически по инициативе какой-либо из участвующих сторон (VPN-шлюзов), если на этом устройстве имеется пакет, который должен быть направлен в данный туннель. (Либо создаётся немедленно при установленной опции active, см. п.5.4.3.)
Ключи аутентификации и/или шифрования, индекс туннеля (SPI) и правило преобразования выбираются администратором и должны быть строго согласованы (одинаковы) с удаленной стороной.	Ключи аутентификации и/или шифрования, индекс туннеля (SPI) и конкретное правило преобразования выбираются VPN-шлюзами автоматически.
Удаляется из конфигурации устройства вручную администратором. Никакие способы автоматического разрыва туннеля или изменения его параметров (ключи аутентификации и/или шифрования, индекс туннеля) в процессе его работы невозможны.	Созданный туннель может быть разорван любой из участвующих сторон в произвольный момент времени. Разрыв туннеля может происходить, в частности, в следующих случаях: — Истечение установленного времени неактивности; — Истечение установленного срока жизни (по времени или объему переданного трафика); — Выход из строя удалённого шлюза, или потеря связи с ним, обнаруживаемые при помощи механизма DPD (Dead Peer Detection); — Вручную по инициативе администратора одного из VPN-шлюзов, при помощи соответствующей команды. После разрыва туннель остается в состоянии готовности и может быть автоматически создан снова по инициативе одной из сторон. После восстановления туннель будет обладать другими параметрами (ключи аутентификации и/или шифрования, индекс туннеля).

Этапы обработки обычного и защищенного трафика в VPN-маршрутизаторе показаны на рисунке. Уместно заметить, что с теоретической точки зрения работа VPN представляет собой расширенный, двухступенчатый вариант маршрутизации, внутрь которого дополнительно вставлено шифрование. Именно, разделение пакетов на трафик VPN и обычный трафик можно рассматривать как статическую маршрутизацию по совокупности IP-адресов источника и назначения; если пакет не подпадает под правила, определенные в *access-list*, то далее к нему применяется обычная маршрутизация по IP-адресу назначения. Защищенный трафик шифруется и передается на вход туннеля; привязка туннеля к IP-интерфейсу есть не что иное, как совокупность двух правил маршрутизации: для исходящих пакетов — фиксированной, для входящих — по номеру интерфейса и IP-адресу источника. Эти два правила являются статическими для постоянных туннелей и динамическими — для динамических туннелей.



Этапы обработки трафика в VPN-маршрутизаторе

§5.3.2. Фильтрация пакетов IPsec

Технология IPsec использует отдельные протоколы 4 уровня (в рамках модели OSI), передаваемые поверх IP (т.е. параллельно с TCP, UDP, ICMP и GRE): ESP (номер протокола — 50) или AH (51), в зависимости от выбранного правила преобразования трафика (см. п.5.4.2). Для нормальной работы IPsec необходимо, чтобы данный протокол не был запрещён фильтрами на входе самих VPN-шлюзов или где-либо на промежуточных узлах сети. Помимо этого, должны быть разрешены пакеты UDP с портами назначения и источника 500.

Пример настройки разрешающего фильтра строго для пакетов ESP и UDP:

```
!
nsg
    access-list ext-ip 100
        add 1 permit 50 <ip-адрес интерфейса> <ip-адрес удалённого шлюза>
        add 2 permit udp <ip-адрес интерфейса> eq 500 <ip-адрес удалённого шлюза> eq 500
        add 3 deny ip any any
        exit
    access-list ext-ip 101
        add 1 permit 50 <ip-адрес удалённого шлюза> <ip-адрес интерфейса>
        add 2 permit udp <ip-адрес удалённого шлюза> eq 500 <ip-адрес интерфейса> eq 500
        add 3 deny ip any any
        exit
    port <имя>
        access-group local output 100
        access-group local input 101
        exit
```

При использовании NAT Traversal дополнительно должен быть открыт порт UDP 4500.

§5.3.3. Совместное использование IPsec и NAT

При совместном использовании IPsec и NAT на одном интерфейсе возникает принципиальный конфликт между двумя этими механизмами, поскольку они функционируют на одном и том же уровне сетевого стека. Конфигурация IPsec всегда опирается на конкретные IP-адреса, но именно их и подменяет NAT. Кроме того, IPSec и другие специфические протоколы могут фильтроваться на промежуточных узлах сети, или просто не быть предусмотрены конкретной реализацией NAT. Без проблем передаётся через NAT только протокол TCP и, с некоторыми оговорками, UDP и ICMP.

По этой причине для прохождения через NAT необходимо использовать специальные механизмы. Наиболее распространённым из них является NAT Traversal (NAT–T), предложенный группой ведущих разрабочиков (Cisco Systems, Microsoft, F-Secure, Nortel Networks) и закреплённый документами IETF. Он включает в себя:

— Дополнительную инкапсуляцию пакетов IPsec поверх UDP.
— Процедуру проверки, позволяющую определить, находится ли та или другая сторона туннеля за NAT.
— Периодическую посылку пакетов *keepalive* по протоколу UDP, чтобы возобновлять существующую запись в таблице NAT и, таким образом, поддерживать в NAT непрерывную UDP-сессию во всё время существования туннеля.

§5.3.4. Поддерживаемые стандарты и спецификации

Технология IPsec реализована в устройствах NSG на основании следующих документов IETF:

Архитектура безопасности для протокола IP:

Security Architecture for the Internet Protocol	RFC 2401 (RFC 1825)

Описание протокола AH (Authentication Header):

IP Authentication Header	RFC 2402 (RFC 1826)
Вспомогательные рекомендации:	
IP Authentication using Keyed MD5	RFC 1828
The Use of HMAC-MD5-96 within ESP and AH	RFC 2403
The Use of HMAC-SHA-1-96 within ESP and AH	RFC 2404
HMAC: Keyed-Hashing for Message Authentication	RFC 2104
HMAC-MD5 IP Authentication with Replay Prevention	RFC 2085
The Use of HMAC-RIPEMD-160-96 within ESP and AH	RFC 2857

Описание протокола ESP (Encapsulating Security Payload):

IP Encapsulating Security Payload (ESP)	RFC 2406 (RFC 1827)
Вспомогательные рекомендации:	
The ESP DES-CBC Transform	RFC 1829
The ESP DES-CBC Cipher Algorithm With Explicit IV	RFC 2405
The ESP CBC-Mode Cipher Algorithms	RFC 2451
The NULL Encryption Algorithm and Its Use With IPsec	RFC 2410

Описание протокола IKE Internet Key Exchange):

The Internet Key Exchange (IKE)	RFC 2409
Вспомогательные рекомендации:	
The Internet IP Security Domain of Interpretation for ISAKMP	RFC 2407
Internet Security Association and Key Management Protocol (ISAKMP)	RFC 2408
The OAKLEY Key Determination Protocol	RFC 2412
A Traffic-Based Method of Detecting Dead Internet Key Exchange (IKE) Peers	RFC 3706

Механизм NAT Traversal:

Negotiation of NAT-Traversal in the IKE	RFC 3947
UDP Encapsulation of IPsec ESP Packets	RFC 3948

Взаимосвязь между стандартами и спецификациями:

IP Security Document Roadmap	RFC 2411

Реализация IPsec в устройствах NSG совместима с аппаратными и программными решениями других производителей, соответствующими указанным стандартам, в пределах заявленных функциональных возможностей.

§5.4. Настройка IPsec

§5.4.1. Определение трафика, который должен быть защищен (*access list*)

Пакеты направляются в безопасный туннель в том случае, если их IP-адреса источника и назначения находятся в заданных диапазонах. Для такой сортировки трафика в NSG Linux используются расширенные списки доступа (*access lists*) NSG, которые назначаются и удаляются при помощи следующих команд в меню (config-nsg)#:

access-list ext-ip <номер>
no access-list ext-ip <номер>

Создать *access list* и войти в меню его редактирования, и удалить *access list*, соответственно. Номер расширенного *access list* может находиться в диапазоне 100...199 или 2000...2699.

Редактирование списка производится в меню (config-access-...-NN)# при помощи команд:

add <приоритет> permit ip <источник> <назначение> ...

Добавить запись в *access list*. Запись относится ко всем IP-пакетам независимо от протокола, инкапсулируемого в IP. При этом параметры <источник> и <назначение> определяют два множества IP-адресов (*source addresses* и *destination addresses*, соответственно), на которые должна действовать данная запись. Оба эти параметра могут быть записаны в одном из следующих форматов:

<ip-адрес> <шаблон>	совокупность базового IP-адреса и шаблона (*wildcard bits)*
host <ip-адрес>	одиночный IP-адрес
any	любой IP-адрес

delete < приоритет>

Удалить запись с заданным номером из *access list*.

description <комментарий>

Ввести текстовое описание (строка) для данного *access list*. Если строка содержит пробелы, она должна быть заключена в кавычки. Максимальная длина описания — 255 символов.

ПРИМЕЧАНИЕ Шаблон адреса (*wildcard bits*) содержит единицы в тех битах, значения которых могут варьироваться. Иногда он называется также *инверсией маски*; однако в общем случае это более широкое понятие, поскольку нулевые/ненулевые биты могут чередоваться в нем произвольным образом. Примеры:
— шаблон 0.0.0.7 соответствует маске длиной 29 бит (255.255.255.248);
— шаблон 0.0.0.3 соответствует маске длиной 30 бит (255.255.255.252);
— шаблон 0.0.0.5 не может быть описан никакой маской (в последнем байте допускается изменение 0 и 2 битов, но не допускается изменение битов 1 и 3…7).

Подробнее о списках доступа см. Часть 4 данного руководства. Пример:

```
access-list ext-ip 151
   add 1 permit ip 11.0.0.0 0.255.255.255 12.0.0.0 0.255.255.255
```

Под данное правило (номер 151) подпадает любой трафик, посылаемый из сети 11.0.0.0 с маской 255.0.0.0 в сеть 12.0.0.0 с маской 255.0.0.0.

ВНИМАНИЕ *Access-list*, предназначенный для отбора трафика в безопасный туннель, может содержать только одну запись. Это принципиальная особенность реализации VPN в NSG Linux. Если требуется защитить трафик для нескольких пар "источник — назначение", то для каждой из них следует создать отдельный *access-list* и отдельную *crypto map* (см. ниже.)

§5.4.2. Определение правила преобразования трафика (*transform set*)

На данном шаге устанавливается тип протокола, который применяется для организации туннеля, вариант используемой аутентификации и размер ключа шифрования. Правила преобразования трафика создаются и удаляются в меню (config-nsg)# следующими командами:

crypto transform-set <имя> ah { md5-hmac | sha-hmac }
crypto transform-set <имя> esp { 3des-md5-hmac | 3des-sha-hmac }
no crypto transform-set <имя>

Имя правила преобразования — текстовая строка длиной до 15 символов. Алгоритм преобразования выбирается параметрами:

ah	Только аутентификация данных без шифрования.
esp	Аутентификация и шифрование Triple DES (168 бит).

Последний параметр в обоих случаях определяет только алгоритм аутентификации: MD5 или SHA.

§5.4.3. Настройка туннеля (*crypto map, crypto isakmp*)

Процедура создания постоянного туннеля включает в себя: назначение индекса туннеля (SPI) и определение секретного ключа; установку ссылок на соответствующие правило преобразования и диапазон адресов защищаемого трафика; определение IP-адреса конечной точки туннеля (интерфейса маршрутизатора, работающего в паре с данным) и маршрута к нему. Описание туннеля создается и удаляется в меню (config-nsg)# следующими командами:

crypto map <имя> <1…10>
no crypto map <имя> <1…10>

Создать или подготовить туннель с указанными именем и приоритетом (от 1 до 10) и войти в меню его настройки, и удалить туннель, соответственно.

ПРИМЕЧАНИЕ Если некоторый интерфейс устройства является точкой начала нескольких туннелей, то все описания этих туннелей должны иметь одинаковое имя. Все описания туннелей рассматриваются в порядке убывания приоритета. Меньший номер соответствует более высокому приоритету.

ПРИМЕЧАНИЕ Данная версия NSG Linux содержит 4 интерфейса IPsec, на каждом из которых возможно создать до 10 туннелей. Таким образом, максимальное число удаленных узлов, которые могут быть обслужены одним устройством, составляет 40, причем через различные физические интерфейсы или суб-интерфейсы (DLCI, VLAN). Данные ограничения являются временными и могут быть изменены в последующих версиях NSG Linux.

Дальнейшая настройка туннеля осуществляется в подменю (config-crypto-map-XXX)#.

method { ipsec-manual | ipsec-isakmp }

Установить тип создаваемого туннеля:

- ipsec-manual — Постоянный туннель с ручным назначением ключей (тип по умолчанию).
- ipsec-isakmp — Динамически создаваемый туннель с автоматическим согласованием ключей.

match address <номер access-list>

Определить закрываемый трафик при помощи соответствующего *access-list* (см. п.5.4.1).

set peer <ip-адрес> [aux <ip-адрес>]

Публичный IP-адрес удалённого шлюза, работающего в паре с данным. Между двумя пограничными шлюзами образуется безопасный туннель через сеть общего пользования, по которому передается закрываемый трафик.
Удалённый шлюз не должен находиться за NAT. Если он находится за Destination NAT, то в данной команде указывается адрес публичного интерфейса NAT-транслятора (подробно см. ниже).
Необязательный параметр aux позволяет установить IP-адрес резервного шлюза (только для динамически устанавливаемых туннелей). Если соединение с основным удалённым шлюзом не может быть установлено, или завершено аварийно по срабатыванию механизма DPD, то устройство NSG сделает попытку установить соединение с резервным шлюзом. Если это удаётся, то данное соединение будет функционировать неограниченно долго, пока, в свою очередь, также не завершится аварийно. (Т.е. попытка вернуться от работающего резервного шлюза к основному не предпринимается.) Если установить соединение с резервным шлюзом не удаётся, или оно завершается аварийно, снова предпринимается попытка соединиться с основным, и т.д.
Чтобы отменить установленный адрес парного шлюза (основного или резервного), следует установить его в значение 0.0.0.0.

set hostname <имя_хоста> [aux <имя_хоста>]

Только для динамического туннеля: имя удалённого шлюза IPsec в случае, если он находится за Destination NAT и его фактический IP-адрес (во внутренней сети) не совпадает с указанным в set peer. В этом случае идентификация хостов производится по имени. Подробнее о такой схеме работы см. следующий параграф.
Необязательный параметр aux позволяет установить имя резервного шлюза, также скрытого за Destination NAT.

set transform-set <имя правила>

Для постоянного туннеля — установить правило преобразования трафика с заданным номером (протокол ESP, шифрование 3DES, аутентификация MD5, SHA либо отсутствует).
Для динамически создаваемого туннеля — установить набор алгоритмов, которые будут предлагаться удаленной стороне (или выбираться из предложенных) при создании туннелей. При этом, если задан туннель без аутентификации, то только такой туннель и может быть установлен. Если задана аутентификация, то два VPN-шлюза выбирают алгоритм MD5 или SHA, исходя из перечней разрешенных алгоритмов и их приоритетов, установленных на каждой из сторон. Если в двух этих списках не найдется ни одного алгоритма, который было бы разрешено использовать обоим устройствам, туннель не будет создан.

set nexthop <ip-адрес>

Установить/отменить IP-адрес следующего маршрутизатора в открытой сети на пути следования туннеля. Именно через него будут отправляться пакеты, принадлежащие к данному туннелю (де-факто при этом создается маршрут к удаленной стороне туннеля с длиной маски 32 бита). Чтобы удалить этот маршрут, следует установить nexthop равным 0.0.0.0.

Параметр является обязательным, если интерфейс является широковещательным (Ethernet, VLAN) и имеет статические настройки, а удаленный VPN-шлюз находится в другой сети за одним или несколькими маршрутизаторами.

Если удаленный VPN-шлюз расположен в непосредственно подключённой сети, или интерфейс имеет тип "точка-точка", то указание nexthop не требуется.

Значение nexthop должно быть установлено в 0.0.0.0, если если создаваемый туннель должен работать через динамически настраиваемый интерфейс. Это относится к следующим интерфейсам:

— PPP, работающим в сеансовом режиме по асинхронной среде передачи (например, через сотовое соединение CDMA или GPRS)
— Ethernet и VLAN, настраиваемым по протоколу DHCP
— WiMAX (DHCP используется всегда)

В этом случае в качестве netxhop динамически подставляется адрес шлюза по умолчанию, получаемый в ходе процедуры IPCP или DHCP.

set lifetime <60...86400>

Только для динамически создаваемого туннеля: установить ограничение на время жизни туннеля (*IPsec lifetime*), в секундах. По истечении указанного времени туннель принудительно разрывается и может быть установлен заново по инициативе любой из сторон. После переустановления туннель будет использовать другие ключи шифрования и может получить другой индекс.
Значение по умолчанию — 28800 сек.

set ikelifetime <60...86400>

Только для динамически создаваемого туннеля: установить ограничение на время существования SA (*ISAKMP lifetime*), в секундах. В частности, время жизни SA может быть даже меньше, чем время жизни туннеля; в этом случае по истечении *ISAKMP lifetime* SA удаляется, но туннель продолжает работать столько, сколько ему положено. По истечении *IPsec lifetime* туннель начинает пересогласовываться, что, в свою очередь, приводит к переустановлению сначала SA, а затем — собственно туннеля. Значение по умолчанию — 3600 сек.

set pfs { yes | no }

Только для динамически создаваемого туннеля: включить режим повторного согласования длины ключа на этапе Quick Mode. Поддерживаются группы Диффи-Хеллмана 2 либо 5 (1024 и 1536 бит, соответственно). Необходимо для совместимости с IPsec-шлюзами других производителей, если они требуют такого согласования. (Подробнее см. п.5.4.7). По умолчанию установлено значение no (не согласовывать). В ранних версиях NSG Linux согласование также отключено.

set session-key esp <256...4294967295> authenticator <ключ >

Только для постоянного туннеля с аутентификацией без шифрования: установить параметры для протокола AH (т.е. md5-hmac или sha-hmac):

<256...4294967295>	Индекс туннеля (Security Parameter Index, SPI)
<ключ >	Ключ, используемый для аутентификации

Оба указанных параметра должны быть установлены одинаковыми на обеих сторонах туннеля.

set session-key esp <256...4294967295> cipher <ключ-C> authenticator <ключ-A>

Только для постоянного туннеля: установить параметры для протокола ESP с аутентификацией (т.е. 3des-md5-hmac или 3des-sha-hmac):

<256...4294967295>	Индекс туннеля (Security Parameter Index, SPI)
<ключ-C>	Ключ, используемый для шифрования
<ключ-A>	Ключ, используемый для аутентификации

Все три указанных параметра должны быть установлены одинаковыми на обеих сторонах туннеля.

keepalive { no | <5...3600>} [waiting <1...100>]

Только для динамически создаваемого туннеля: проверка целостности соединения с помощью механизма *Dead Peer Detection* (DPD).

Первый параметр определяет интервал (в секундах) между посылкой контрольных пакетов; если значение параметра равно нулю или no, запросы не посылаются. При этом ответы на приходящие запросы отсылаются в любом случае (в т.ч. и при keepalive no).

Второй параметр устанавливает максимальное количество запросов. Если на указанное число запросов подряд не получено ни одного ответа, соединение разрывается. Суммарное время, по истечении которого интерфейс сочтет соединение неработающим и рестартует, равно произведению этих двух параметров. Параметр обязательный, в т.ч. при отключении keepalive он сохраняется и принудительно принимает значение по умолчанию: keepalive no waiting 10.

ВНИМАНИЕ Для работы механизма DPD необходимо, чтобы он был включён на обеих сторонах туннеля.

options { [pointopoint] [active] [dynamic] | no }

Только для динамически создаваемого туннеля: дополнительные опции.

pointopoint	Принудительно устанавливает для туннельного интерфейса флаг *point-to-point*. В отсутствие этой опции флаг *point-to-point* или *broadcast* наследуется от интерфейса, на котором организован туннель; если туннель установлен через интерфейс Ethernet, то он также получит флаг *broadcast*. Данная опция позволяет решить эту проблему; это необходимо в некоторых специфических случаях, например, для организации *multicast*.
active	Туннель фактически создаётся не при поступлении трафика, адресованного удалённой стороне, а немедленно при старте IPsec.
dynamic	Указывает, что IPsec должно следить за состоянием туннеля и интерфейса, через который он работает, и при необходимости рестартовать туннель. Данную опцию необходимо использовать в следующих случаях: — Туннель работает через интерфейс, IP-адрес которого устанавливается динамически (например, PPP-соединение через сотовую сеть или интерфейс Ethernet, настраиваемый по DHCP). В этом случае при падении и восстановлении интерфейс может получить новый IP-адрес, поэтому туннель необходимо установить заново. — Для восстановления туннеля, если его состояние контролируется по DPD. — Для переключения на резервный шлюз в случае, если основной туннель отключился по DPD (а не по падению своего канала).

Опции могут использоваться в любом сочетании. Значение no отменяет установку всех опций.

Правила назначения ключей для постоянного туннеля:

а) SPI и каждый из ключей устанавливаются в одинаковое значение на обоих концах туннеля.
б) Для задания ключа используются шестнадцатеричные цифры 0..9, A..F.
в) Размер ключа, используемого для вычисления хэш-функции при аутентификации (<ключ-A>):
для варианта MD5 — 32 шестнадцатеричные цифры (128 бит)
для варианта SHA–1 — 40 шестнадцатеричных цифр (160 бит)
г) Размер ключа, используемого для шифрования (<ключ-C>) — 48 шестнадцатеричных цифр (используется 168 бит)

ПРИМЕЧАНИЕ Если какой-либо из вышеперечисленных параметров описания туннеля (за исключением set nexthop и options) не определен, то данное описание туннеля будет неработоспособно, о чем будет сообщено при включении на интерфейсе режима туннелирования (см. следующий параграф).

Для динамически создаваемого туннеля, вместо назначения ключей, необходимо определить динамически же создаваемую ассоциацию безопасности — *security association* (SA). В рамках этой ассоциации осуществляется согласование SPI, ключей, алгоритмов и других параметров создаваемого туннеля между пограничными маршрутизаторами (шлюзами). Ассоциация описывается следующими атрибутами:

— Способ взаимной аутентификации двух сторон. В данной версии NSG Linux поддерживается только механизм разделяемого секрета — *preshared key* (PSK).
— Стойкость шифра для обмена ключами (группа Диффи-Хелмана) — 2 либо 5
— Шифрование — обязательное, 3DES
— Аутентификация — обязательная, SHA–1 либо MD5

При этом единственный параметр, задаваемый на устройстве NSG административно — это собственно PSK (разделяемый секрет). Команда определения PSK для конкретной SA находится в меню конфигурирования (config-nsg)# и имеет вид:

crypto isakmp key <psk> address <удаленный_ip> <локальный_ip>
crypto isakmp key <psk> hostname <удалённое_имя> <локальный_ip>
no crypto isakmp key <psk>

Создать/удалить PSK со следующими параметрами:

<psk>	Произвольный набор символов (строка) — разделяемый секрет. Он должен быть установлен одинаковым на обоих шлюзах IPsec.
<удаленный_ip>	IP-адрес интерфейса удаленного шлюза, с которым образуется SA.
<удаленное_имя>	Имя (*hostname*) удаленного шлюза, с которым образуется SA. Данный формат команды используется в случае, если удалённый шлюз находится в приватной сети, скрытой за Destination NAT (см. след. параграф).
<локальный_ip>	IP-адрес интерфейса данного маршрутизатора NSG, который будет участвовать в создании SA. Если маршрутизатор NSG имеет динамический IP-адрес или приватный IP-адрес в сети, расположенной за Source NAT поставщика услуг, то в качестве адреса указывается 0.0.0.0.

Если в команде set peer (см. выше) определён резервный шлюз на удалённой стороне, то PSK устанавливается двумя командами раздельно для основного и для резервного шлюза.

§5.4.4. Организация NAT Traversal

Если устройство NSG является инициатором установления туннеля IPsec (клиентом), то оно позволяет устанавливать туннели IPsec через промежуточные узлы, осуществляющие преобразование IP-адресов (NAT). Для этого используется стандартный механизм NAT Traversal (NAT–T), использующий дополнительную инкапсуляцию IPsec-over-UDP. При создании *security association* два устройства определяют, производится ли NAT на промежуточных узлах, и при необходимости согласовывают использование NAT–T.

По умолчанию, поддержка NAT Traversal включена. Для дополнительной настройки работы IPsec через промежуточный NAT используются следующие команды в меню (config-nsg)#:

crypto isakmp nat transparency { disable | udp-encapsulation }

Включение и выбор согласования механизма NAT Traversal:

disable	Безусловно отключить NAT Traversal.
udp-encapsulation	Согласовывать использование NAT Traversal с удалённой стороной. Значение установлено по умолчанию.

crypto isakmp nat keepalive <5…3600>

Интервал посылки пакетов UDP *keepalive* для поддержания непрерывной сессии NAT на промежуточном узле, в секундах. Значение по умолчанию — 20 сек.

При использовании NAT возможны две различные постановки задачи, которые могут иметь место как порознь, так и одновременно:

1) Устройство NSG (клиент) находится в сети поставщика услуг, и запросы на установление туннелей от него проходят через Source NAT.
2) Удалённый шлюз (сервер) находится в приватной сети, и запросы на установление туннелей к нему проходят через Destination NAT.

В первом случае никаких дополнительных настроек для работы NAT Traversal не требуется. В качестве локального адреса на устройстве NSG (в команде crypto isakmp key) и в качестве адреса устройства NSG на удалённой стороне указывается 0.0.0.0.

Во втором случае работа возможна только с динамически создаваемыми туннелями (method ipsec-isakmp) и требует дополнительных настроек на обеих сторонах. Суть проблемы состоит в том, что собственный локальный адрес, известный удалённому шлюзу (серверу), не совпадает с его публичным адресом, известным устройству NSG (set peer). По этой причине для идентификации сторон необходимо использовать не IP-адрес сервера, а некоторый другой критерий, не меняющийся при NAT. Таким критерием является имя устройства. Необходимо выполнить следующие настройки:

— На сервере включить режим аутентификации его самого по его имени, например, для маршрутизаторов Cisco Systems:

```
crypto isakmp identity hostname
```

По умолчанию, сервер идентифицирует себя по IP-адресу. Имя сервера образуется из его локального имени (параметр *hostname*) и доменного имени (параметр *ip domain name*), предваряемых знаком @. Например, при следующих настройках:

```
hostname MyRouter
ip domain name MyOffice.ru
```

в качестве имени сервера будет передаваться @MyRouter.MyOffice.ru .

ВНИМАНИЕ Если доменное имя не установлено, то передаётся только *hostname* с точкой на конце:

```
@MyRouter.
```

— На клиенте (устройстве NSG) включить идентификацию удалённой стороны по имени и установить PSK для этого имени вместо IP-адреса (см. пред. параграф):

```
crypto map MyCryptoMap 1
    set hostname @MyRouter.MyOffice.ru
    exit
crypto isakmp key <PSK> hostname @MyRouter.MyOffice.ru <локальный_ip-адрес или 0.0.0.0>
```

Работа устройства NSG в качестве отвечающего шлюза (сервера) с клиентами, имеющими динамические IP-адреса, и/или через NAT в данной версии NSG Linux не реализована. В качестве сервера устройство NSG может работать только с клиентами, имеющими статические глобальные IP-адреса или статические адреса в той же приватной сети.

ВНИМАНИЕ При настройке сервера необходимо учитывать, что устройство NSG в описанной схеме идентифицирует себя по адресу (хотя и произвольному), а не по имени. Например, если в качестве сервера используется маршрутизатор Cisco Systems, то разделяемый секрет на нём необходимо указывать для адреса 0.0.0.0, а не для имени:

```
crypto isakmp key <PSK> address 0.0.0.0
```

ВНИМАНИЕ Для работы NAT Traversal, помимо общих портов и протоколов, используемых IPsec, должен быть дополнительно открыт порт UDP 4500.

§5.4.5. Включение и выключение режима туннелирования на интерфейсе

После того, как определены параметры туннеля (постоянного) или правила для его создания (динамического), туннель может быть подключен к некоторому интерфейсу маршрутизатора. Для включения/выключения туннеля необходимо войти в подменю порта, VLAN или DLCI, на котором начинается туннель.

crypto map <имя>
: Включить на интерфейсе режим туннелирования и определить для него все туннели с указанным именем *crypto map*. При этом будут созданы все туннели, определяемые *crypto maps* типа ipsec-manual. Все туннели, определяемые *crypto maps* типа ipsec-isakmp, окончательно подготовлены для создания и будут реально создаваться либо при поступлении данных, предназначенных для отправки в этот туннель, либо по инициативе удаленной стороны.

no crypto map
: Выключить на интерфейсе режим туннелирования. При этом разрываются все существующие на нем туннели — как статические, так и динамические. Кроме того, от интерфейса отключаются также все определенные для него правила создания динамических туннелей. (Однако сами правила при этом сохраняются в конфигурации устройства.)

crypto show
: Показать состояние и статистику всех туннелей (как статических, так и динамических) и SA, установленных на данном порту, VLAN или DLCI.

crypto clear
: Разорвать все SA, установленные на данном порту, VLAN или DLCI. Динамически созданная безопасная ассоциация (SA) может быть разорвана по инициативе любой из участвующих сторон. В дальнейшем она может быть создана вновь.
Данная команда разрыва воздействует только на динамически созданные SA. Туннели, созданные вручную (ipsec-manual) сохраняются до тех пор, пока не будут удалены вручную же командой no crypto map.

Де-факто при подключении туннелей выполняется следующая процедура. Все туннели с одним именем подключены к внутреннему служебному интерфейсу IPsec (таких в системе 4 с именами ipsec0, ...). Обратно, один интерфейс IPsec позволяет определить только одну *crypto map*. Сами по себе эти интерфейсы являются служебными и напрямую средствами основной командной оболочки не настраиваются, но их можно просмотреть командой show interface или средствами ОС Linux. Команда crypto map привязывает интерфейс IPsec к выбранному небезопасному IP-интерфейсу для подключения к внешней сети. Таким образом, одно устройство NSG может обслуживать до 40 удаленных VPN-шлюзов через 4 различных физических интерфейса или суб-интерфейса (DLCI, VLAN) по 10 на каждом.

§5.4.6. Просмотр информации о туннелях

Для просмотра сводной информации обо всех туннелях и безопасных ассоциациях, определенных в устройстве, предусмотрена следующая команда в меню (config-nsg)#:

crypto show Вход в меню просмотра информации IPsec.

Внутри данного узла меню имеются команды:

running Вывести информацию обо всех существующих статических и динамических туннелях и безопасных ассоциациях, в т.ч. о тех SA, в которых в данный момент нет действующих туннелей.

eroute Вывести информацию о маршрутах, уходящих в удаленные сети через безопасные туннели.

spi Вывести информацию о реально существующих туннелях (статических и динамических) и их индексы (SPI).

tncfg Вывести информацию о соответствии туннелей реальным физическим интерфейсам.

Все перечисленные команды не имеют параметров.

§5.4.7. Особенности реализации IPsec в устройствах Cisco Systems

Стандарты и спецификации VPN допускают неоднозначное толкование некоторых деталей. Кроме того, они не определяют некоторые смежные вопросы функционирования устройства. Различные производители могут по-разному интерпретировать эти моменты, и возникающие отличия следует взаимно учитывать при установлении туннелей между их устройствами. В частности, в устройствах NSG имеются следующие особенности по сравнению с реализацией, предлагаемой компанией Cisco Systems.

а) Маршрутизация при использовании туннелей

Данная особенность относится как к статическим, так и к динамически создаваемым туннелям. В маршрутизаторах Cisco наличие туннеля само по себе не оказывает никакого влияния на таблицу маршрутизации. Иначе говоря, помимо создания туннеля, необходимо вручную сконфигурировать маршрут в удаленную сеть, находящуюся на другой стороне туннеля (обычный статический маршрут). Пример конфигурации (фрагмент, непосредственно связанный с маршрутизацией):

```
!
interface FastEthernet0/0
ip address 10.0.0.31 255.0.0.0
!
crypto map test1 1 ipsec-manual
set peer 10.0.2.11
.....
!
ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.0.2.11
!
```

Здесь 10.0.0.31 — IP-адрес интерфейса Cisco, 10.0.2.11 — IP-адрес удаленного маршрутизатора. Последняя строка означает, что неизвестная для данного устройства сеть 192.168.1.0 с маской 255.255.255.0 находится за точкой 10.0.2.11.

При удалении туннеля (или правила для установления динамического туннеля) следует удалить и статические маршруты, проходящие через этот туннель.

В устройствах NSG, напротив, настройка статических маршрутов в удаленные сегменты приватной сети не является обязательной. При установлении и удалении туннелей автоматически создаются/удаляются и соответствующие записи в таблице маршрутизации.

б) Организация туннеля ISAKMP SA (стадия MAIN MODE) между пограничными маршрутизаторами

1. При инициализации туннеля со стороны NSG предлагается сразу весь (!) пакет предложений, в следующем составе:

   PSK, group5 (1536), 3DES, SHA
   PSK, group5 (1536), 3DES, MD5
   PSK, group2 (1024), 3DES, SHA
   PSK, group2 (1024), 3DES, MD5

2. При получении запроса на установление туннеля список предложений, поступивший от удаленной стороны, поочередно сравнивается в приведенным выше списком. Совпавший вариант отсылается в качестве подтверждения (выбора).
3. В Cisco все варианты туннелей ISAKMP образуют приоритетное множество предложений (*policies*), которые при посылке отсылаются в порядке, определяемом приоритетом *policy*, а при приеме предложений начинают проверяться в соответствии с приоритетом.

в) Организация туннеля ISAKMP SA (стадия QUICK MODE) для защищенной передачи трафика

1. При инициализации туннеля со стороны NSG предлагается (или выбирается из предложенных) пакет из двух предложений с использованием Encapsulation Secure Payload (ESP) и обязательной аутентификацией. Выбор варианта MD5 либо SHA–1 оставляется на усмотрение удаленной стороны.
2. В маршрутизаторах Cisco конкретное множество правил преобразования и их приоритет определяются в самом описании crypto-map (тип ipsec-isakmp). Это устанавливается перечислением в параметре

   ```
   (config-crypto-map)# transform-set <предложение_1> <предложение_2> <предложение_3> ...
   ```

   Если инициатором соединения был удаленный маршрутизатор, то для устройства NSG предпочтительным является алгоритм ESP_3DES + SHA, а если он не предложен удаленной стороной — тогда ESP_3DES + MD5.

г) Согласование длины ключа на стадии QUICK MODE

Длина ключа безопасной пересылки (PFS) может согласовываться как на стадии Main Mode, так и на стадии Quick Mode. В устройствах NSG поддерживаются группы Диффи-Хеллмана 2 и 5 (длина ключа 1024 и 1536 бит, соответственно). Группа 1 (768 бит) в NSG Linux не поддерживается ввиду её недостаточной криптостойкости при современных вычислительных ресурсах.

На стадии Main Mode согласование длины ключа на устройствах NSG включено безусловно, причём посылается сразу весь пакет предложений (см. выше). На маршрутизаторах Cisco предложения, посылаемые на этом этапе, определяются политиками (*policies*).

На стадии Quick Mode согласование длины ключа устанавливается на устройстве NSG следующим параметром в описании crypto map:

```
set pfs { yes | no }
```

а на устройствах Cisco — параметрами

```
set pfs group { 1 | 2 | 5 }
no set pfs
```

Совместная работа возможна только в следующих случаях:

— На обеих сторонах эти параметры установлены в no. (На устройствах под управлением NSG Linux 1.0 *build 1.1* и ранее согласование PFS на этом этапе отключено всегда.)

— На устройстве NSG согласование PFS включено, а на устройстве Cisco выбрана группа 2 или 5.

При всех других возможных сочетаниях настроек туннель установлен не будет.

д) Использование протоколов динамической маршрутизации и рекурсивное попадание пакетов в туннель

При использовании протоколов динамической маршрутизации (RIP, OSPF и др.) внутри туннелей IPsec необходимо учитывать, что пакеты этих протоколов должны были бы иметь IP-адреса источника и назначения, совпадающие с адресами туннельных интерфейсов. Реализация IPsec в продуктах Cisco не допускает такую ситуацию, поскольку в этом случае зашифрованный пакет снова подпадает под критерии отбора для шифрования, и процесс зацикливается. Пакет бесконечно возвращается на этап шифрования и никогда не будет отправлен.

Для устранения данной проблемы в программном обеспечении Cisco реализован специальный механизм Virtual Tunnel Interface (VTI) и специальный тип объектов VirtualAccess. Пример конфигурации см. в п.5–А.11. Возможно также использовать в *access-list* фильтрацию по типу протокола 4 уровня, но такая конфигурация несовместима с данной версией NSG Linux 1.0 (см. ниже).

е) Отбор пакетов в туннель с учётом протокола 4 уровня

Хотя формально *access-list* может содержать указание специфического протокола (например, tcp), в данной версии NSG Linux 1.0 оно не имеет никакой силы и в туннель отбирается весь IP-трафик между указанными сетями, независимо от протокола 4 уровня. Если на другой стороне туннеля используется оборудование Cisco или иное (в т.ч. NSG Linux 2.0), то на нём в аналогичной настройке должен быть обязательно указан протокол IP; в противном случае соединение установлено не будет.

§5.4.8. Особенности настройки IPsec в продуктах Майкрософт

Если на другой стороне туннеля IPsec используется программный шлюз под управлением одной из ОС семейства Windows, то при его настройке необходимо обратить внимание на следующие моменты:

— Перед началом настройки IPsec следует настроить обычную маршрутизацию на обеих сторонах и убедиться в нормальном прохождении пакетов из одного сегмента защищаемой сети в другой. Настройку маршрутизации в продуктах Майкрософт удобнее всего производить из командной строки при помощи команды route -p add ... (для справки см. route help), но можно сделать это и путём кликания мышкой в окошках.

— Настройка производится в оснастке "Локальная политика безопасности". Для работы IPsec необходимо создать *политику*, содержащую два *правила безопасности IP* — для трафика в одну и в другую сторону.

— Флаг PFS в окне "Параметры обмена ключами" необходимо согласовать со значением на устройстве NSG.

Пример настройки см. в Приложении 5–А.7.

Поскольку реализация IPsec в продуктах Майкрософт основана на решении Cisco, то логично ожидать, что для них также имеет место проблема зацикливания пакетов с адресами источника и назначения, равными адресами локального и удалённого шлюзов (см. пункт "д" в предыдущем параграфе).

Реализация IPsec в продуктах Майкрософт сама по себе не предусматривает работу в транспортном режиме IPsec, например, на одиночном ПК, подключённом через сети общего пользования. Однако существует ряд программных продуктов других производителей, позволяющих решить эту задачу (де-факто — путём организации программного шлюза IPsec в рамках ОС Windows). Примеры настройки некоторых программных клиентов см. в п.5–А.8.

§5.6. Мультипротокольные инкапсуляции X.25

§5.6.1. Инкапсуляция X.25-over-TCP/IP

Служба X.25-over-TCP/IP (XOT) позволяет использовать в качестве транспорта для коммутируемых виртуальных каналов X.25 сеть IP и, как ее частные случаи — безопасный туннель VPN через сеть общего пользования, PPP-соединение по асинхронной модемной линии, каналу GSM, сети GPRS, и т.п. Служба XOT реализована в соответствии со стандартом IETF RFC–1613 и совместима с продуктами других производителей.

Серверная часть XOT включена постоянно и принимает входящие пакеты на порту TCP 1998. Из полученных пакетов IP извлекаются пакеты X.25, которые передаются коммутатору X.25. Клиент XOT активируется в том случае, если получен пакет CALL, для которого в таблице маршрутизации X.25 задан маршрут через XOT. В этом случае он инкапсулирует пакеты X.25 в оболочку IP и отправляет их по указанному IP-адресу. Подробно о маршрутизации вызовов X.25 см. Часть 3.

В качестве IP-адреса источника (*source address*) для пакетов XOT может использоваться некоторый адрес, установленный пользователем принудительно, например:

```
(config-nsg)# x25 route add  prio 2  destination 987654  xot 123.145.167.189  xot-source 198.176.154.132
```

Если адрес источника для пакетов XOT явным образом не указан, то используется IP-адрес интерфейса, через который отправляется данный пакет.

ВНИМАНИЕ В качестве xot-source могут использоваться только адреса, принадлежащие какому-либо из IP-интерфейсов данного устройства. Если требуемый адрес не назначен ни одному интерфейсу, необходимо предварительно назначить его фиктивному интерфейсу dummy0:

```
!
interface dummy0
    ip address 10.1.1.1/32
!
nsg
    x25 route add prio 1 destination 777666100 xot 10.2.2.2 xot-source 10.1.1.1
```

Тонкая настройка остальных параметров службы XOT в данной версии NSG Linux не предусмотрена. Для всех пакетов используются следующие параметры по умолчанию:

— Максимальная длина поля данных пакетного уровня — 128 байт.
— Величина окна пакетного уровня для входящих и исходящих пакетов — 2.
— Время ожидания установки TCP-соединения — определяется параметрами протокола TCP (около 3 минут).

§5.6.2. Инкапсуляция IP-over-X.25

Для передачи пакетов IP через сети X.25 используется инкапсуляция IP-over-X.25. При этом создается туннель через сеть X25 посредством установки SVC с аналогичной службой на удаленной стороне. Конечная точка туннеля описывается в сети X.25 некоторым X.121 адресом и представляет собой IP-интерфейс с присущим ему набором параметров. Имена создаваемых интерфейсов — tunxN, где N — номер туннеля.

Сервис работает и как сервер, и как клиент. Если установлено коммутируемое виртуальное соединение (SVC) с удаленной стороной, то по туннелю будет идти обмен пакетами. Если в очередь к интерфейсу становится IP-пакет, но SVC в данный момент не установлено, то интерфейс устанавливает SVC к заданному хосту X.25. Если в течение некоторого времени никакого трафика по туннелю нет, то SVC разрывается.

Создание, настройка и удаление туннелей IP-over-X.25 производится в меню (config-nsg)# командами:

tunnel x25 <1...255>
no tunnel x25 <1...255>

Создание/изменение и удаление туннеля, соответственно. Номер туннеля используется только как локальный идентификатор в устройстве NSG и никак не связан с номером, присвоенным этому туннелю на удаленной стороне (если таковой имеется).

Дальнейшая настройка производится в меню (config-tunnel-N)#. Меню содержит следующие команды (помимо общих для всех подменю узла nsg):

local-x121-address {<адрес X.121> | "" }

Адрес X.121, который будет указываться в качестве вызывающего (Calling Address) в пакетах CALL, посылаемых данным интерфейсом для установления соединения X.25. Этот же адрес ожидается в качестве вызываемого (Called Address) в пакетах CALL, получаемых от удаленной стороны. Максимальная длина адреса — 15 цифр. Аналогом данного параметра в базовом ПО NSG является LADR.

remote-x121-address {<адрес X.121> | "" }

Адрес X.121, который будет указываться в качестве вызываемого (Called Address) в пакетах CALL, посылаемых данным интерфейсом для установления соединения X.25. Этот же адрес ожидается в

качестве вызывающего (Calling Address) в пакетах CALL, получаемых от удаленной стороны. Максимальная длина адреса — 15 цифр. Аналогом данного параметра в базовом ПО NSG является XADR.

По умолчанию оба параметра local-x121-address и remote-x121-address имеют пустое значение. Для установки пустого адреса следует ввести пару двойных кавычек.

Значение remote-x121-address должно быть уникальным для каждого интерфейса IP-over-X.25, созданного в устройстве. При установлении входящих соединений X.25 автоматически выбирается интерфейс, у которого этот параметр точно соответствует полю Calling Address полученного пакета CALL. Если такой интерфейс не найден, то будет установлено соединение с локальным интерфейсом командной строки (см. Часть 1), которое по очевидным причинам окажется неработоспособным.

window <1...7>
Размер окна пакетного уровня X.25. (Аналог параметров win, wout для физического порта.) Значение по умолчанию — 2.

packet_size { 16 | 32 | 64 | 128 | 256 | 512 | 1024 | 2048 | 4098 }
Максимальный размер пакетов 3 уровня X.25, в байтах. (Аналог параметров x25 ips, x25 ops для физического порта.) Значение по умолчанию — 128.

timeout <1...2147483647>
Таймаут неактивности для разрыва X.25 SVC, в секундах. Значение по умолчанию — 300 сек. Аналогом данного параметра в базовом ПО NSG является KEEP.

Остальные команды являются общими для всех подузлов меню nsg, представляющих собой IP-интерфейсы (физических портов, Frame Relay DLCI, Ethernet VLAN):

adm-state { up | down }
Разрешение и запрещение работы туннеля. По умолчанию, все создаваемые туннели находятся в состоянии up.

description "<комментарий>"
Административное описание данного интерфейса.

[no] access-group ...
Настройка фильтрации IP-пакетов на данном интерфейсе. Подробно см. Часть 4.

[no] crypto ...
Настройка защищенных туннелей VPN, создаваемых на данном IP-интерфейсе. В данном случае трафик частной сети IP передается внутри защищенного туннеля VPN, который, в свою очередь, проходит по туннелю IP через сеть X.25. Подробно о настройке VPN см. Часть 5.

[no] ip ... Настройка параметров протокола IP. Подробно см. Часть 4.

mtu <64...18000>
Установка размера MTU для IP-пакета. Подробно см. Часть 4.

nat ... Настройка трансляции сетевых IP-адресов (NAT) для данного интерфейса. Подробно см. Часть 4.

[no] service-policy ...
Выбор и настройка политики управления IP-трафиком для данного интерфейса. Подробно см. Часть 4.

show ... Просмотр состояния и статистики интерфейса. Подробно см. Часть 4.

Для работы туннеля IP-over-X.25 в таблице маршрутизации X.25 должна быть сделана соответствующая запись с назначением local, например:

```
tunnel x25 1
    local-x121-address 1234567890
    .....................................................
    exit
x25 route add destination 1234567890 local
```

Пример конфигурации:

```
card s4 im-v24
port s4
    encapsulation x25
    x25 htc 16
    exit
tunnel x25 7
    local-x121-address 88
    remote-x121-address 77
    ip address 12.0.0.2/8 anycast 0.0.0.0
    exit
x25 route add prio 1 destination 77 port s4
x25 route add prio 2 destination 88 local
```

§5.7. Туннели прикладного уровня

§5.7.1. Общие сведения

Туннелирование прикладного уровня (применительно к упрощённой 4-уровневой модели протокольного стека) включает в себя ряд реализаций, как встроенных в отдельные приложения (HTTPS, S/MIME, SNNTP, SSH), так и выполненных в виде туннелей, через которые может передаваться разнообразный трафик (STunnel, OpenVPN, некоторые другие фирменные реализации VPN). Все эти продукты основаны на одной и той же библиотеке SSL (Secure Socket Library) и представляют собой, по существу, *front-end* для неё, ориентированный на решение того или иного специфического круга задач. В части обеспечения безопасности все они обеспечивают, в основном, одинаковый набор возможностей, включающий:

— Одно- или двустороннюю аутентификацию сторон на основе паролей и/или сертификатов X.509.

— Аутентификацию и защиту передаваемых данных. Как правило, используется асимметричное шифрование с длиной открытого ключа 1024 или 2048 бит.

В продуктах NSG используются и планируются к реализации следующие варианты таких туннелей:

— STunnel — широко распространённое решение, ставшее стандартом де-факто. В данной версии NSG Linux присутствует, но настраивается только средствами командной оболочки Linux. Процедура настройки в основном аналогична настройке STunnel на ПК под управлением Linux. Настройка из основной командной оболочки планируется в ближайших версиях NSG Linux.

— Прозрачное проключение трафика асинхронного порта в SSH-соединение с удалённым сервером (межмашинный SSH клиент) или входящего SSH-соединения в заданный асинхронный порт (Reverse SSH). Может быть настроено средствами NSG Linux, хотя актуальность данной задачи представляется сомнительной ввиду наличия стандартного STunnel.

— Встроенное SSL-шифрование в рамках комплексного фирменного решения *ui*TCP (Un-Interruptable TCP), предназначенного для бесперебойного подключения банкоматов и других критически ответственных систем. В настоящее время находится в стадии опытной эксплуатации, поставляется по заказу.

— OpenVPN. При необходимости может быть самостоятельно установлено и настроено пользователем, знакомым с установкой OpenVPN на ПК под Linux. Совместимо с другими распространёнными клиентами OpenVPN для ОС Linux и Windows. Версия OpenVPN, интегрированная в основную командную оболочку, находится в стадии разработки.

§5.7.2. Технология бесперебойных соединений *ui*TCP

Фирменная разработка NSG *ui*TCP предназначена для построения бесперебойных TCP-соединений между узлами сети в критически ответственных приложениях, например, при подключении банкоматов. Общие сведения об этой технологии приведены в документе NSG:

Бесперебойный TCP-канал: универсальное решение

Настройка бесперебойных соединений осуществляется при помощи HTTP- или HTTPS-интерфейса, либо консольной утилиты *uish*. Описание настройки приведено в документе NSG:

Система обеспечения бесперебойных соединений uiTCP

Приложение 5–А. Примеры настройки туннелей и VPN

§5–А.1. Подключение устройства NSG к серверам PPPoE

Настройка устройства NSG в качестве клиента PPPoE. IP-адрес назначается динамически, аутентификация в данных примерах не используется.

```
!
nsg
    port eth0
        pppoe client enable
        pppoe server <имя_сервера>
        exit
```

Настройка устройства Cisco в качестве сервера PPPoE:

```
!
vpdn enable
!
vpdn-group 1
    accept-dialin
    protocol pppoe
    virtual-template 2
    pppoe limit per-mac 20
    local name CISCO
!
interface FastEthernet0/0
    pppoe enable
!
interface Virtual-Template 2
    ip address 16.0.0.1 255.0.0.0
    peer default ip address pool TEST
!
ip local pool TEST 16.0.0.2 16.0.0.20
```

Настройка устройства NSG с ПО NSG Linux в качестве сервера PPPoE:

```
!
nsg
    virtual-template 1
        peer ip address 19.0.0.2
        ip address 19.0.0.1
        exit
    vpdn-group 1
        pppoe limit per-mac 20
        protocol pppoe
        virtual-template 1
        local name NSGLinux
    port eth0
        vpdn-group 1
        exit
    exit
```

Настройка устройства NSG с базовым ПО в качестве сервера PPPoE:

```
S  P  PO:00  TY:ETH  ADM:UP  IF:TP  MODE:AUTO  SP:100000000 NAME:""  ADDR:00.09.56.10.05.97.
S  P  ET:01  PO:0  TY:PPP  NAME:"RTEMS"  IP:ALL
S  P  IP:00  ADM:UP    NUM:01 NAME:""
S  P  IP:01  ADM:UP    NAME:"NSGbasic"  IADR:17.0.0.1  MASK:255.0.0.0  TY:PPP  PO:AUTO  RADR:17.0.0.2
```

Настройка Linux Red Hat 9 (пакет Roaring Penguin PPPoE Version 3.5) в качестве сервера PPPoE:

```
pppoe-server -I eth0 -C Linux -L 18.0.0.1 -R 18.0.0.2
```

Содержимое обязательного файла /etc/ppp/pppoe-server-options

```
    # PPP options for the PPPoE server
    # LIC: GPL
    lcp-echo-interval 10
    lcp-echo-failure 2
```

§5–A.2. Подключение клиентов PPPoE к устройству NSG

Устройство под управлением NSG Linux используется в качестве сервера PPPoE.

Пример 1. Подключение клиентов без аутентификации.

```
!
nsg
    virtual-template 1
        ip address 14.0.0.1
        peer ip address 14.0.0.10
        exit
    vpdn-group 1
        protocol pppoe
        pppoe limit 120
        pppoe name mike2
        virtual-template 1
        exit
    port eth0
      vpdn-group 1
      exit
!
```

Пример 2. Подключение клиентов с аутентификацией PAP (локально)

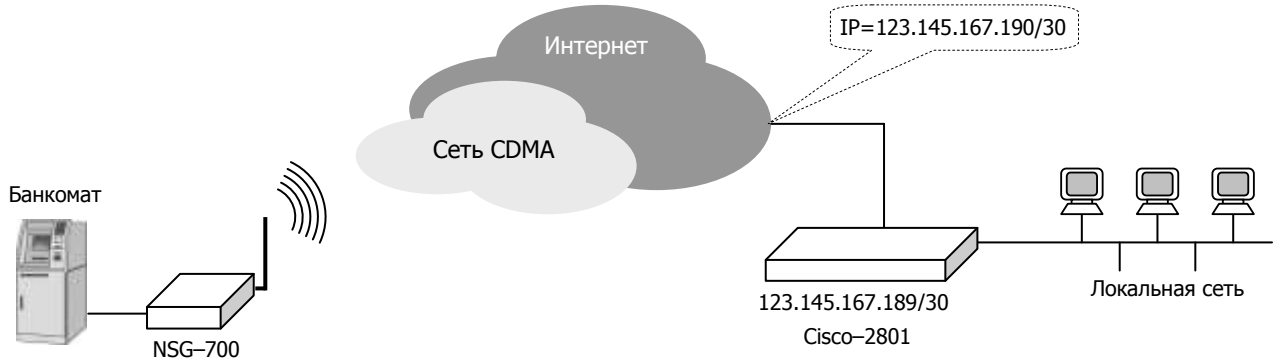
```
!
nsg
    username Zorro password Zorro
    username user1 password pass1
    username mike password pmike
    virtual-template 1
        ip address 14.0.0.1
        peer ip address 14.0.0.10
        ppp authentication pap local
        exit
    vpdn-group 1
        protocol pppoe
        pppoe limit 120
        pppoe name mike2
        virtual-template 1
        exit
    port eth0
        vpdn-group 1
        exit
!
```

Пример 3. Подключение клиентов с аутентификацией CHAP на удаленном RADIUS-сервере.

```
!
nsg
    radius host 10.0.0.2
    radius auth-port 1812
    radius acct-port 1813
    radius key nsg
    radius timeout 10
    radius retry 3
    virtual-template 1
        ip address 14.0.0.1
        peer ip address 14.0.0.10
        ppp authentication chap radius
        exit
    vpdn-group 1
        protocol pppoe
        pppoe limit 120
        pppoe name mike2
        virtual-template 1
        exit
    port eth0
        vpdn-group 1
        exit
!
```

§5–A.3. Подключение устройства NSG к серверу PPTP

Пример настройки соединения PPTP через сотовую сеть CDMA (SkyLink). Используется устройство NSG–700/4AU с интерфейсным модулем UIM–EVDO. На центральном узле корпоративной VPN в качестве сервера PPTP используется устройство Cisco. Туннель защищён с помощью MPPE (в результате согласования будет выбрано 128 бит) и MS–CHAP v2.



Настройка NSG–700

```
!
nsg
    virtual-template 2
        keepalive no retry no
        ppp ipcp accept-address yes
        ppp set-default-route yes
        ppp sent-username basile
        ppp encrypt-mppe auto
        exit
    virtual-template 1
        keepalive 10 retry 3
        ppp ipcp accept-address yes
        ppp sent-username mobile
        exit
    tunnel pptp 1
        server-address 123.145.167.189
        virtual-template 2
        exit
    chat-script CDMA "TIMEOUT 10 XXX-AT-OK ATD#777 CONNECT ''"
    card s1 uim-cdma
    port eth0
        ip address 10.0.2.16/8 anycast 0.0.0.0
        exit
    port s1
        encapsulation ppp
        virtual-template 1
        chat-script CDMA
        exit
!
username basile  password P0uPkiNe
username mobile password internet
!
ip route 123.145.167.189/32 s1
!
```

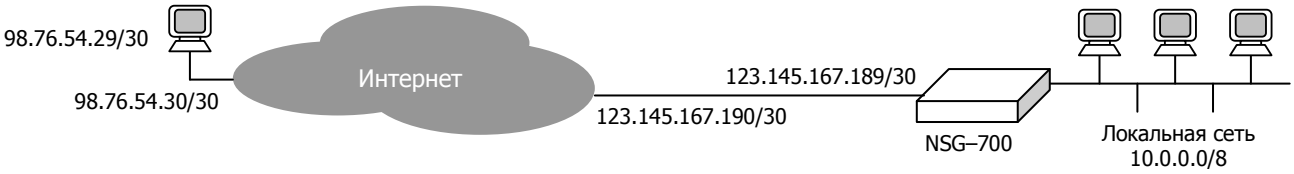
Здесь mobile и internet — имя и пароль для доступа к услуге CDMA, 123.145.167.189 — адрес удаленного сервера в Интернет, basile P0uPkine — имя и пароль для PPTP-соединения с этим сервером. В случае некорректного отсоединения от сети CDMA (пропадание сигнала и т.п.) отказ будет детектирован через 30 сек (3 попытки по 10 сек). После этого PPP-интерфейс рестартует и попытается снова установить соединение с сетью. Если соединение будет восстановлено успешно и с прежним IP-адресом, а по туннелю в течение всего этого времени никакие данные не посылались, то туннель PPTP продолжит работу, так что переустановление физического соединения и PPP-соединения останется незамеченным для пользователей сети. Если же соединение не восстановлено, а PPTP-интерфейс попытается передать данные по туннелю, то управляющее соединение обнаружит, что интерфейс сети общего пользования находится в состоянии DOWN (или снова в UP, но с иным IP-адресом), и туннель будет разорван.

Настройка PPTP для Cisco 2801:

```
!
aaa new-model
aaa authentication ppp default local
no ip cef
vpdn enable
vpdn-group 1
    accept-dialin
        protocol pptp
        virtual-template 1
    ip mtu adjust
!
username basile  password 0 P0uPkiNe
!
interface FastEthernet0/0
    ip address 123.145.167.189 255.255.255.252
!
interface Loopback0
    ip address 172.16.0.1 255.255.255.0
!
interface Virtual-Template1
    ip unnumbered Loopback0
    ip virtual-reassembly
    peer default ip address pool APOOL
    keepalive 11 3
    ppp encrypt mppe auto
    ppp authentication ms-chap-v2
!
ip local pool APOOL 172.16.0.2 172.16.0.20
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 FastEthernet0/0 123.145.167.190
!
```

§5–A.4. Подключение клиента PPTP к устройству NSG

Пример настройки соединения PPTP для удалённого клиента, которому нужно предоставить доступ в корпоративную сеть. В качестве сервера используется устройство NSG–700/4AU, подключённое к поставщику услуг через порт Fast Ethernet. Туннель защищён с помощью MPPE (в результате согласования будет выбрано 128 бит) и MS–CHAP v2.



Настройка NSG–700 в качестве сервера

```
!
nsg
    virtual-template 1
        ip address 172.16.0.1
        ip mtu 1460
        ppp authentication ms-chap-v2 radius
        ppp encrypt-mppe auto mode stateful
        exit
    vpdn-group 1
        protocol pptp
        virtual-template 1
        session-limit 16
        exit
    radius
        host 10.0.0.2
        key nsg
        exit
    ethernet-switch mode vlan
    port eth0
        vlan 101
            ip address 123.145.167.189/30
```

В качестве клиента может использоваться, например, ПК под управлением ОС Windows, Linux, второе устройство NSG и т.п.

Настройка удалённого NSG–700 в качестве клиента:

```
!
nsg
    users
        user-name "basile" open "p0upKIne"
        exit
    virtual-template 1
        ip mtu 1460
        ppp ipcp accept-address yes
        ppp sent-username basile
        ppp encrypt-mppe auto mode stateful
        exit
    tunnel  pptp 1
        server-address 123.145.167.189
        virtual-template 1
        exit
    port eth0
        ip address 98.76.54.29/30
        exit
```

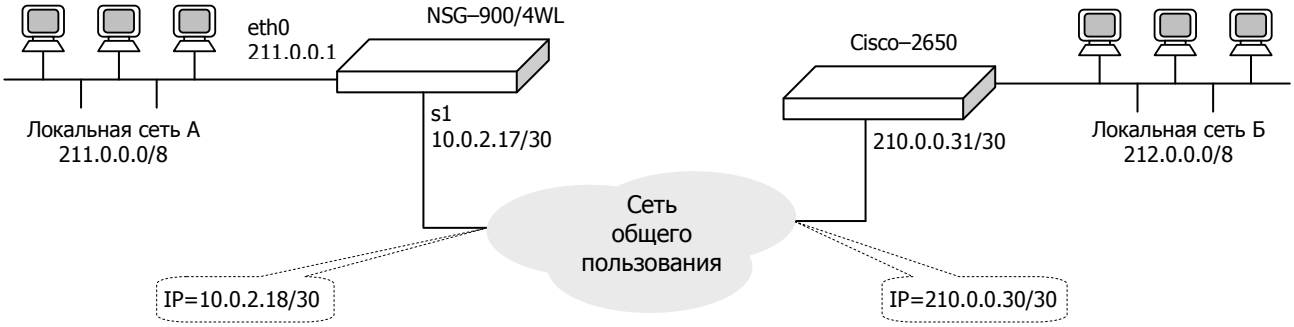
```
        vpdn-group 1
        exit
    vlan 102
        ip address 10.0.0.1/8
        exit
    exit
!
ip route 0.0.0.0/0 123.145.167.190
!
```

```
!
ip route 10.0.0.0/8 pptp1
ip route 0.0.0.0/0 98.76.54.30
!
```

В результате согласования будет установлено MPPE 128 бит и режим stateful. Дополнительно в данном примере необходимо настроить сервер RADIUS, который должен не только аутентифицировать клиента, но и назначать ему IP-адрес, по которому клиент будет доступен из локальной сети.

§5–A.5. Настройка статического туннеля IPSec между NSG и Cisco

Схема стенда показана на рисунке. Стенд состоит из двух пограничных маршрутизаторов, соединенных через сеть общего пользования. Интерфейсы соседних маршрутизаторов в этой сети имеют IP-адреса 10.0.2.18 и 210.0.0.30. Для наглядности на одной стороне используется устройство NSG–900, на другой — Cisco–2650.



Через маршрутизаторы связаны две приватные сети 211.0.0.0/8 и 212.0.0.0/8. Трафик этих сетей передается в безопасном туннеле между интерфейсами пограничных маршрутизаторов NSG–900 (10.0.2.17) и Cisco–2650 (210.0.0.31). При этом весь пакет, включая заголовок, шифруется по алгоритму 3DES (длина ключа 168 бит) и передается как данные в IP-пакете между двумя маршрутизаторами. Дополнительно передается аутентификационный заголовок (вариант MD5), обеспечивающий аутентичность и целостность. На противоположной стороне туннеля данные пакета расшифровываются и передаются в приватную сеть. Весь остальной трафик принимается и отсылается указанными интерфейсами без какой-либо обработки.

Настройка NSG–900

Конфигурирование диапазона адресов, трафик которых нужно отсылать в защищенном туннеле:

```
!
nsg
    access-list  ext-ip 154
        add 1 permit  ip  211.0.0.0  0.255.255.255  212.0.0.0  0.255.255.255
        exit
```

Создание правила преобразования трафика, направляемого и получаемого из туннеля. Выбор механизма аутентификации MD5:

```
        crypto  transform-set  tun4  esp  3des-md5-hmac
```

Описание туннеля. Назначение индекса (SPI) и определение секретного ключа. Установка ссылок на соответствующие правило преобразования и диапазон адресов защищаемого трафика. Определение IP-адреса конечной точки туннеля (интерфейс маршрутизатора, работающего в паре с данным):

```
        crypto  map  tunnel_nsg  1
            method  ipsec-manual
            match  address  154
            set  transform-set  tun4
            set  peer  210.0.0.31
            set nexthop 10.0.2.18
            set  session-key  esp  4000  cipher  112233445566778899001122334455667788990011223344  ↵
authenticator  11223344556677889900112233445566778899 00
            exit
```

Включение механизма туннелирования на интерфейсе, от которого начинается защищенный туннель:

```
        port  s1
            ip address 10.0.2.17/30
            crypto  map  tunnel_nsg
            exit
        exit
    !
```

Настройка маршрута через сеть общего пользования к удалённой стороне туннеля:

```
    !
    ip route 210.0.0.31/32 10.0.2.18
    !
```

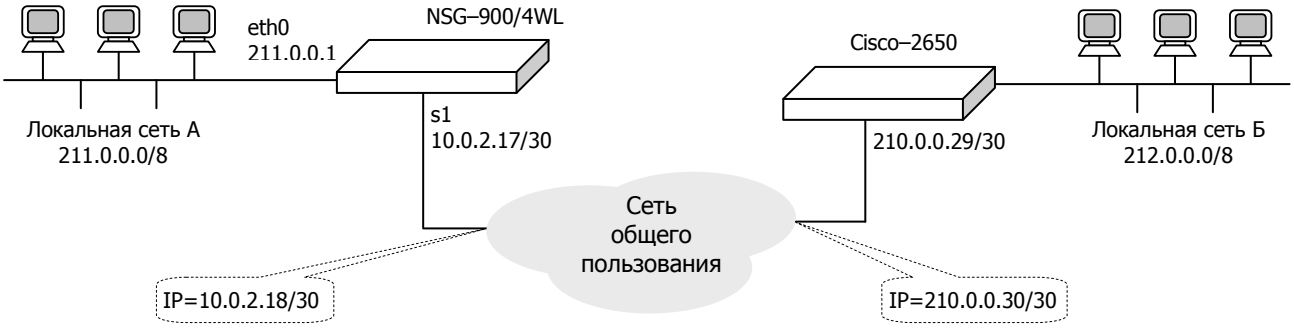
Настройка Cisco–2650

```
    !
    crypto  ipsec  transform-set  ts4  esp-3des  esp-md5-hmac
    !
    crypto map  tunnel_cisco  40  ipsec-manual
        set  peer  10.0.2.17
        set session-key inbound esp 4000 cipher 11223344556677889900112233445566778899001122334 ↵
4 authenticator 1122334455667788990011223344556677889900
        set session-key outbound esp 4000 cipher 11223344556677889900112233445566778899001122334 ↵
4 authenticator 1122334455667788990011223344556677889900
        set transform-set ts4
        match address 154
    !
    access-list 154 permit ip  212.0.0.0  0.255.255.255  211.0.0.0  0.255.255.255
    !
    interface FastEthernet0/0
        ip address 210.0.0.31 255.255.255.252
        crypto map tunnel_cisco
    !
    ip  route  211.0.0.0  255.0.0.0  10.0.2.17
    ip  route  10.0.2.17  255.255.255.255  210.0.0.30
    !
```

(Строки, начинающиеся от левого поля, являются продолжением предыдущей строки.)

§5–A.6. Настройка динамического туннеля IPSec (IKE) между NSG и Cisco

Схема стенда показана на рисунке. Стенд состоит из двух пограничных маршрутизаторов, соединенных через сеть общего пользования. Интерфейсы соседних маршрутизаторов в этой сети имеют IP-адреса 10.0.2.18 и 210.0.0.30. Для наглядности на одной стороне используется устройство NSG–900, на другой — Cisco–2650.



Через маршрутизаторы связаны две приватные сети 211.0.0.0/8 и 212.0.0.0/8. Трафик этих сетей передается в безопасном туннеле между интерфейсами пограничных маршрутизаторов NSG–900 (10.0.2.17) и Cisco–2650 (210.0.0.31). При этом весь пакет, включая заголовок, шифруется по алгоритму 3DES (длина ключа 168 бит) и передается как данные в IP-пакете между двумя маршрутизаторами. Дополнительно передается аутентификационный заголовок (вариант SHA–1), обеспечивающий аутентичность и целостность. На противоположной стороне туннеля данные пакета расшифровываются и передаются в приватную сеть. Весь остальной трафик принимается и отсылается указанными интерфейсами без какой-либо обработки.

Настройка NSG–900

Конфигурирование диапазона адресов, трафик которых нужно отсылать в защищенном туннеле:

```
!
nsg
    access-list  ext-ip 153
        add 1 permit  ip  211.0.0.0  0.255.255.255  212.0.0.0  0.255.255.255
        exit
```

Создание правила преобразования трафика, направляемого и получаемого из туннеля:

```
    crypto  transform-set  tun3  esp  3des-sha-hmac
```

Описание туннеля. Установка ссылки на соответствующие правило преобразования и диапазон адресов защищаемого трафика. Определение IP-адресов конечной точки туннеля (интерфейс маршрутизатора Cisco) и следующего шлюза на этом маршруте (узел 10.0.2.18):

```
    crypto  map  tunnel_nsg  1
        method  ipsec-isakmp
        match  address  153
        set  transform-set  tun3
        set  peer  210.0.0.29
        set nexthop 10.0.2.18
        set lifetime 3600
        exit
```

Определение разделяемого секрета — *preshared key* (PSK). В данном примере разделяемый секрет — строка из двух символов aa.

```
    crypto isakmp key aa address 210.0.0.29 10.0.2.17
```

Включение механизма туннелирования на интерфейсе, от которого начинается защищенный туннель:

```
    port  s1
        ip address 10.0.2.17/30
        crypto  map  tunnel_nsg
        exit
    exit
!
```

Настройка маршрута через сеть общего пользования к удалённой стороне туннеля:

```
!
ip route 210.0.0.31/32 10.0.2.18
!
```

Настройка Cisco–2650

```
access-list 153 permit ip 212.0.0.0 0.255.255.255 211.0.0.0 0.255.255.255
crypto ipsec transform-set ts3 esp-3des esp-sha-hmac
!
crypto map M1 3 ipsec-isakmp
    set peer 10.0.2.17
    set transform-set ts3
    match address 153
!
crypto isakmp key aa address 10.0.2.17 210.0.0.29
!
```

Дополнительно требуется определить *policy* с указанием использования механизма PreShared Key (поскольку *default policy* использует RSA):

```
!
crypto isakmp policy 1
    encr 3des
    authentication pre-share
    group 2
    lifetime 3600
!
```

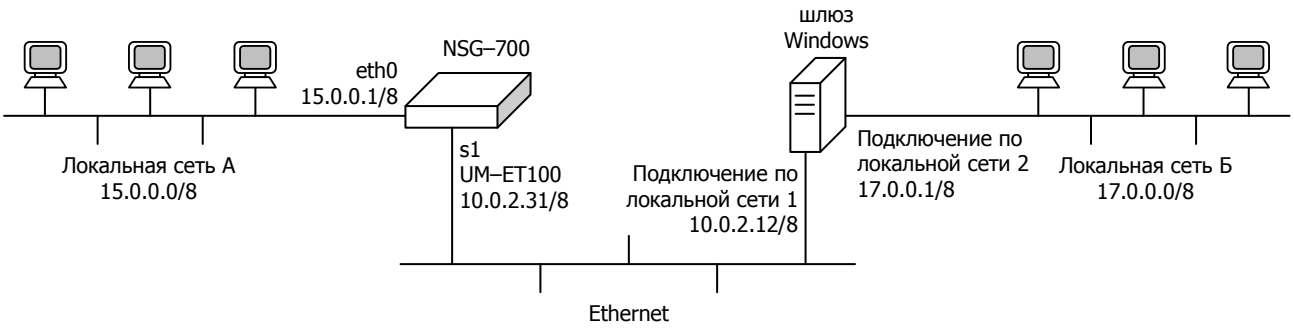
В заключение конфигурируется IP-интерфейс и маршрутизация:

```
!
interface FastEthernet0/0
    ip address 210.0.0.29 255.255.255.252
    crypto map M1
!
ip  route  211.0.0.0  255.0.0.0  10.0.2.17
ip  route  10.0.2.17  255.255.255.255  210.0.0.30
!
```

§5–A.7. Настройка динамического туннеля IPsec (IKE) между NSG и Windows

Имеются две локальные сети, одна из которых подключена к устройству NSG–700, другая — к некоторому программному шлюзу, на котором установлена операционная система Windows 2000 или старше корпорации Майкрософт. Требуется организовать безопасный туннель IPsec между этими сетями. Для большей ясности задачи будем предполагать, что два шлюза соединены между собой просто сетью Ethernet.

ВНИМАНИЕ Предполагается, что до начала настройки IPsec на обоих шлюзах настроена маршрутизация, так что хосты из одной сети успешно обмениваются IP-пакетами с хостами из другой сети, и наоборот.

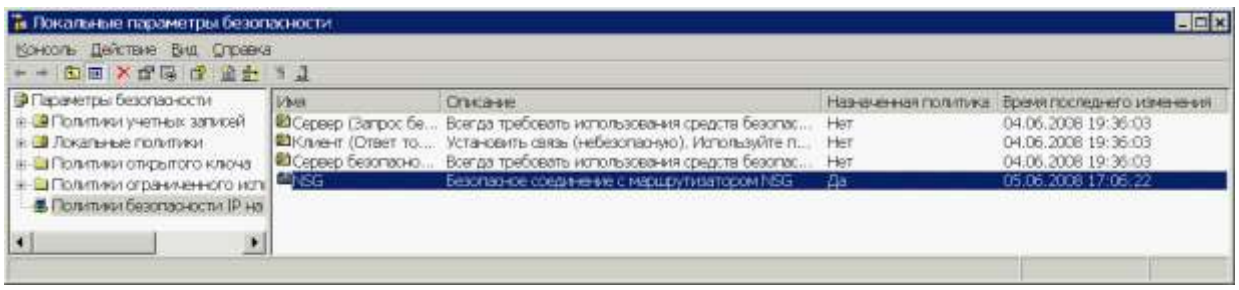


Конфигурация устройства NSG:

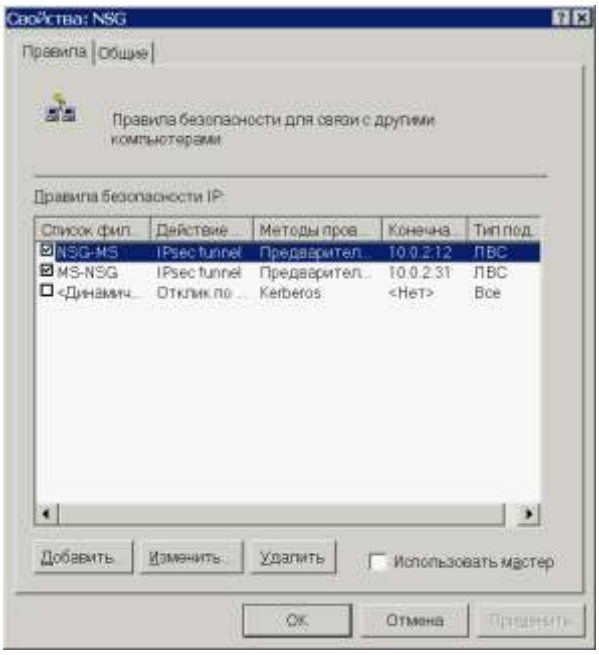
```
!
nsg
    access-list  ext-ip 151
        add 1 permit ip 15.0.0.0 0.255.255.255 17.0.0.0 0.255.255.255
        exit
    crypto transform-set ts1 esp 3des-sha-hmac
    crypto isakmp key 12345678 address 10.0.2.12 10.0.2.31
    crypto  map CM1
        1
            method ipsec-isakmp
            set transform-set ts1
            set peer 10.0.2.12
            match address 151
            exit
        exit
    card s1 um-et100
    port s1
        ip address 10.0.2.31/8
        crypto map CM1
        exit
    port eth0
        ip address 15.0.0.1/8
        exit
    exit
ip route 17.0.0.0/8 10.0.2.12     (только для проверки маршрутизации; после настройки VPN удалить)
!
```

Настройка Microsoft Windows:

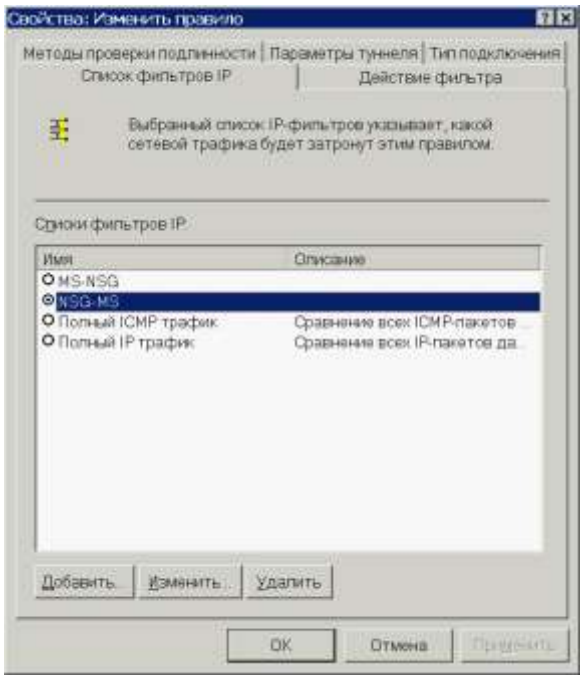
1. Запустить консоль локальной политики безопасности: "Пуск" — "Настройка" — "Панель управления" — "Администрирование" — "Локальная политика безопасности" (или "Пуск" — "Программы" — "Администрирование" — …). В левой части консоли выбрать "Политики безопасности IP…". В правой части консоли создать новую политику, например, под названием NSG.

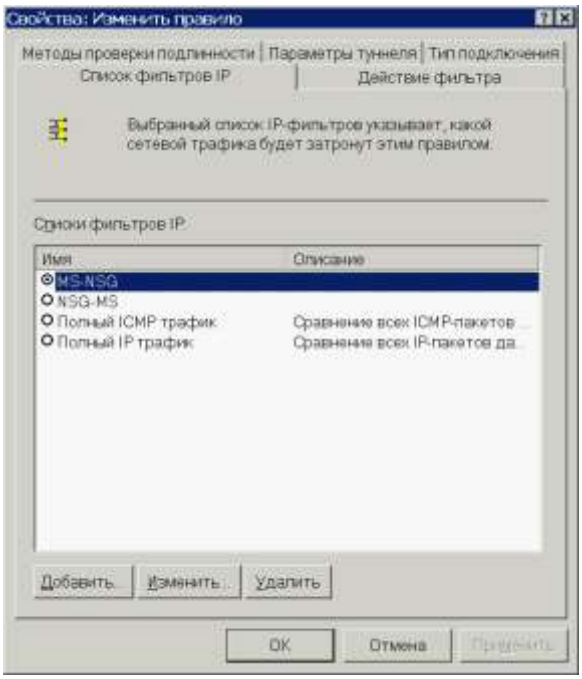


2. Открыть свойства созданной политики. Для облегчения работы рекомендуется создать политику с минимальными настройками, которые требует Мастер Создания Политик, а затем отключить на всех вкладках опцию "Использовать Мастер" и настроить нужные параметры самостоятельно. Необходимо создать и активировать (поставить отметку слева) два правила, описывающие, насколько можно понять новояз корпорации Майкрософт, передачу трафика между двумя шлюзами во встречных направлениях. Имя и описание правил существенной роли не играют; будем называть их NSG–MS и MS–NSG, соответственно. Процедура создания правил описана ниже. Остальные правила, существующие по умолчанию, следует удалить или отключить. Для создания и редактирования объектов в данном окне используются кнопки "Добавить" и "Изменить".

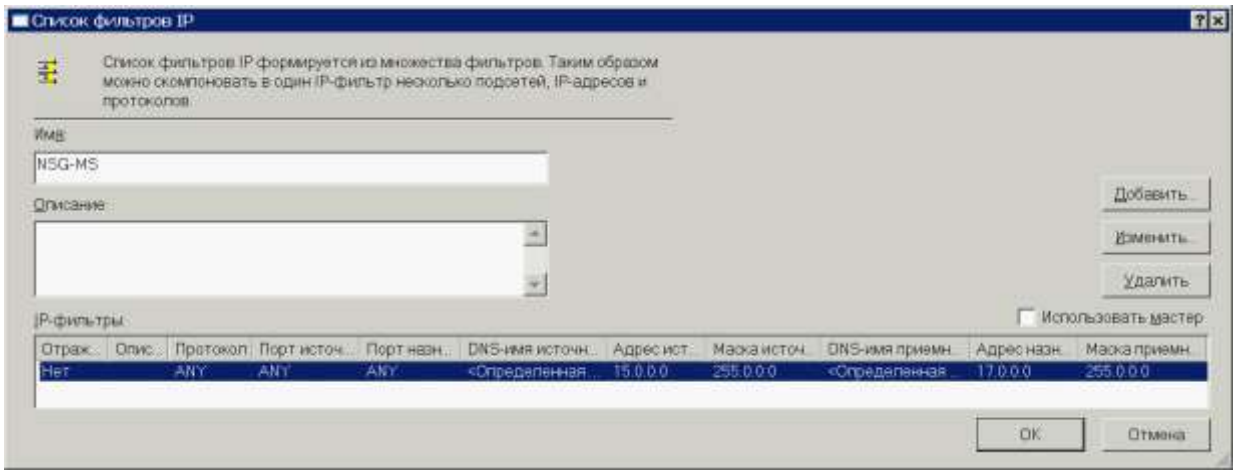


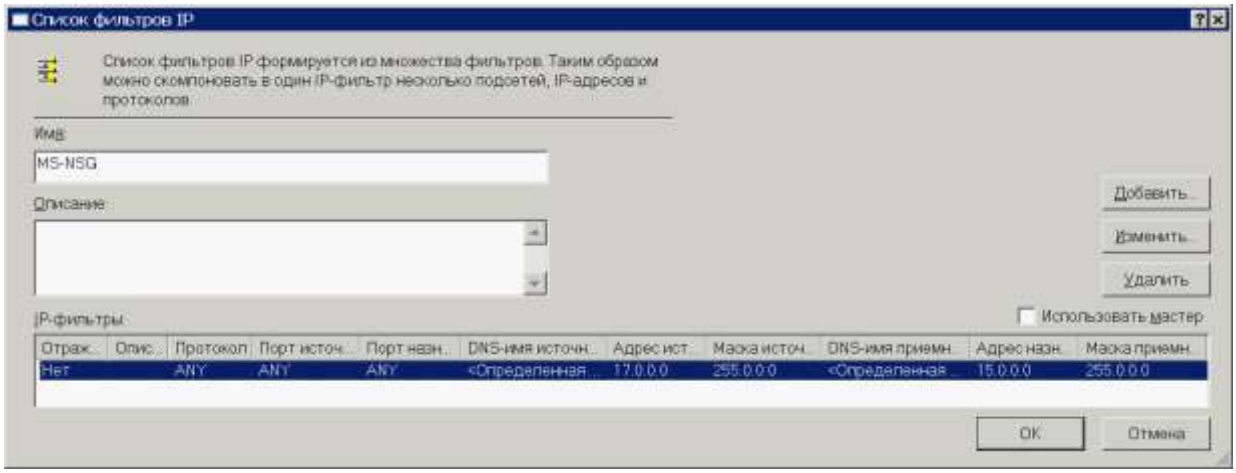
3. Для создания нового правила нажать кнопку "Добавить". Откроется окно с 5 вкладками. На вкладке "Список фильтров IP" нужно создать два фильтра и для каждого из правил выбрать соответствующий фильтр. Создаваемое таким образом правило получает имя от используемого в нём фильтра. На рисунках показан вид окна после создания фильтров. Фильтры, существующие по умолчанию, следует отключить или удалить.



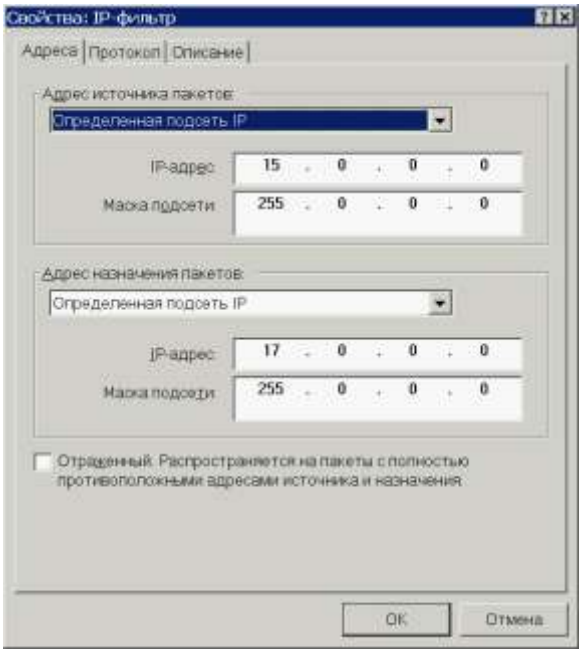


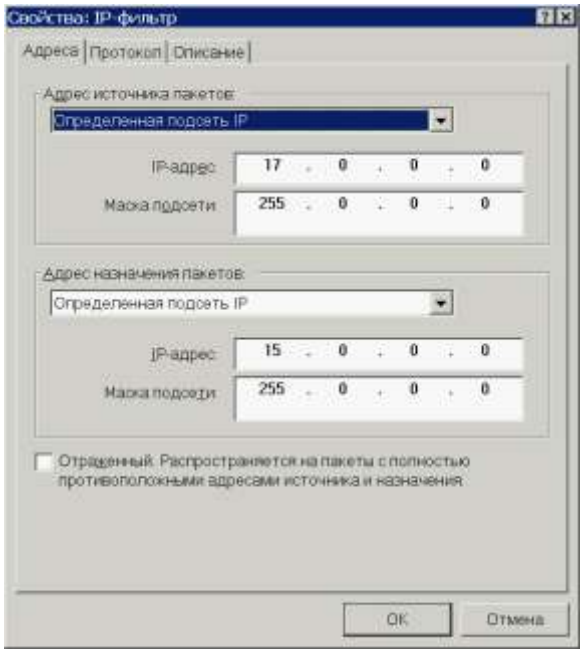
3.1. В окне редактирования свойств фильтра следует ввести имя, которое будет присвоено фильтру и правилу, и нажать кнопку "Добавить". На рисунке показан вид данного окна для того и для другого фильтров после добавления записей.

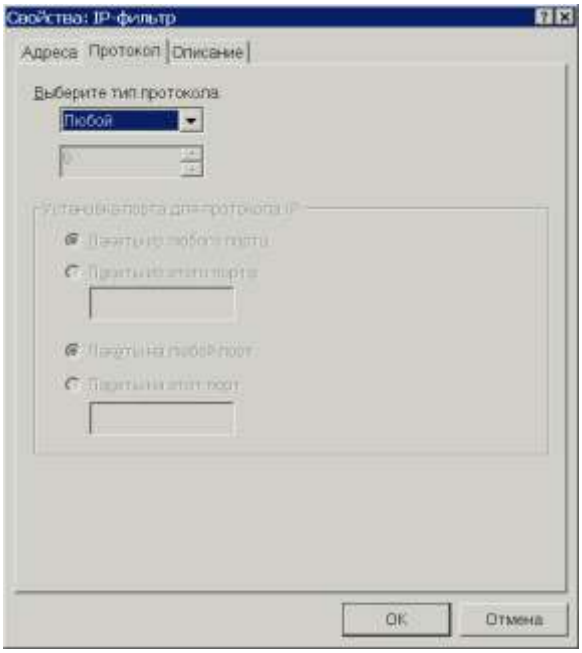




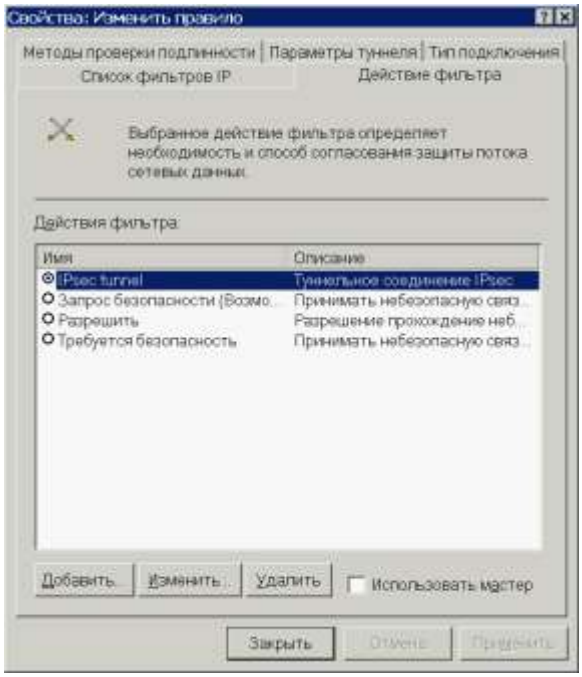
3.1.1. В окне добавления/изменения фильтра на вкладке "Адреса" выбрать для источника и назначения тип "Определённая подсеть IP" и указать адреса и маски обеих сетей (в противоположном порядке для двух фильтров). Опция "Отражённый" никакого влияния на работу системы не оказывает, её назначение неясно. При необходимости можно указать конкретные типы протоколов и номера портов TCP и UDP источника и назначения, чтобы направлять в защищённый туннель только специфические пакеты. По завершении настроек нажать кнопку "OK", убедиться, что окно "Список фильтров IP" приняло вид, изображённый выше, и закрыть это окно.

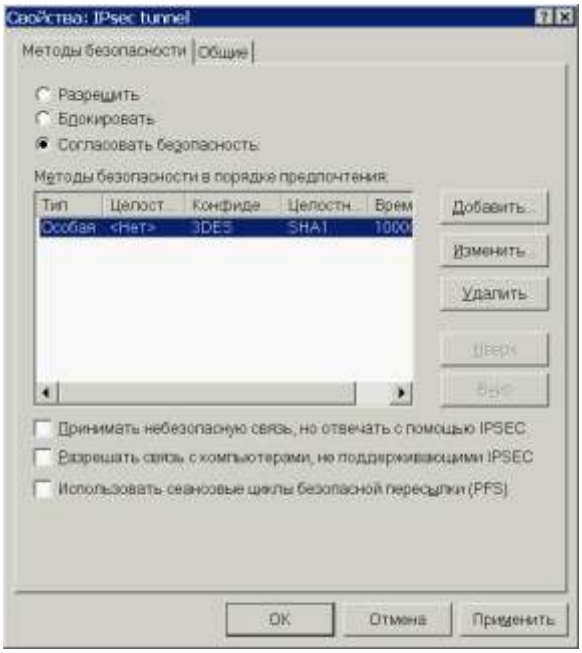


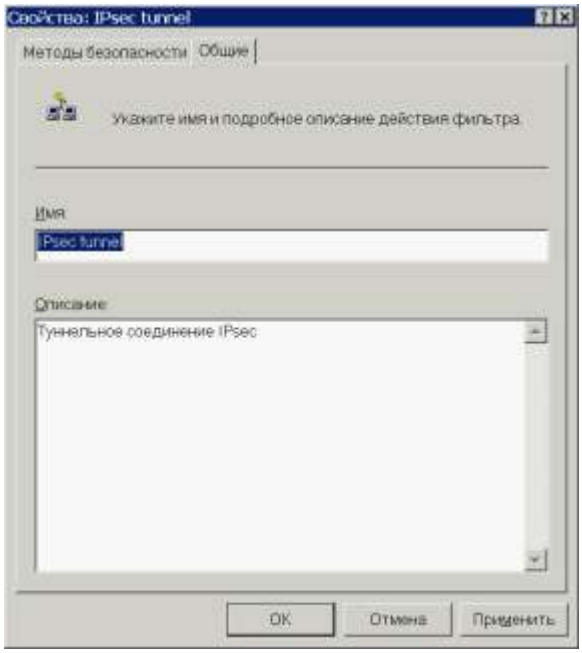




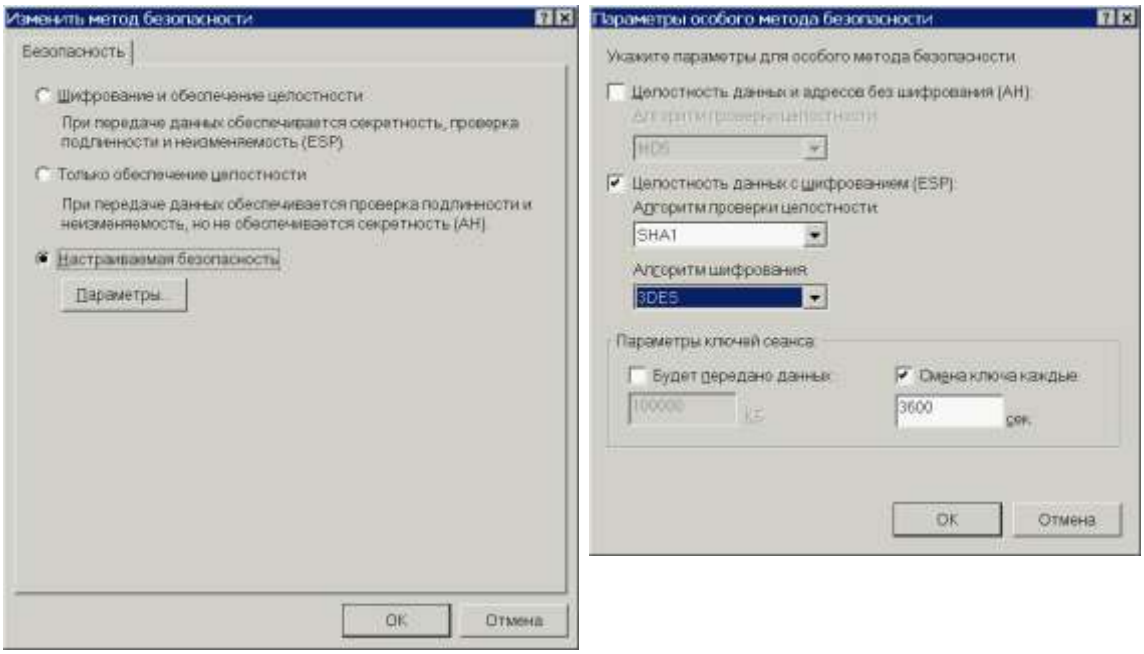
3.2. На вкладке "Действия фильтра" создать и выбрать действие "IPsec tunnel". В окне редактирования действия задаются его имя и описание (вкладка "Общие"). На вкладке "Методы безопасности" выбрать опцию "Согласовывать безопасность" и нажать кнопку "Добавить". На рисунке показан вид данного окна после добавления записей. Действие создаётся одинаковым для обоих фильтров.



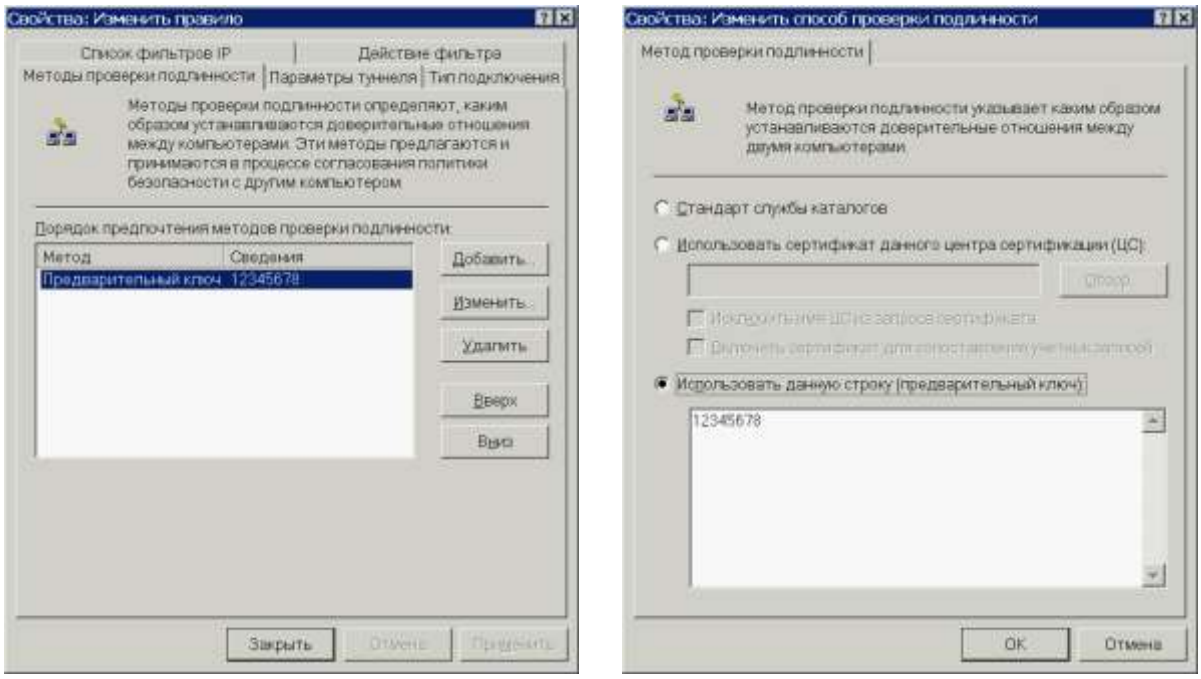




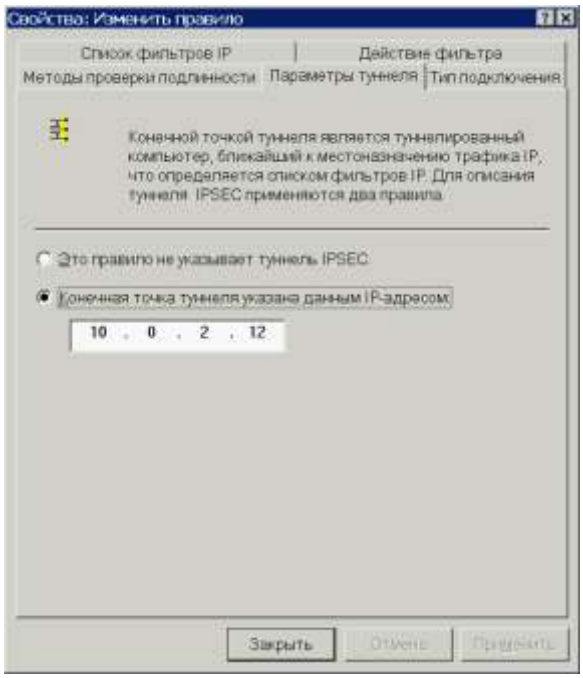
3.2.1. В окне "Изменить метод безопасности" выбрать опцию "Настраиваемая безопасность" и нажать кнопку "Параметры". В окне "Параметры особого метода безопасности" выбрать опцию "Целостность данных с шифрованием (ESP)", алгоритм проверки целостности SHA1, алгоритм шифрования 3DES. Рекомендуется включить опцию регулярной смены ключей. По завершении настроек нажать кнопку "OK", убедиться, что окно "Свойства: IPsec tunnel" приняло вид, изображённый выше, и закрыть это окно.

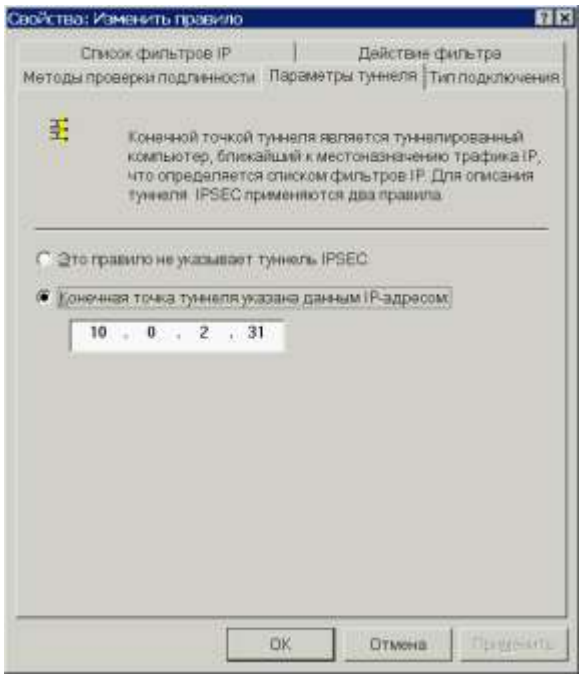


3.3. На вкладке "Методы проверки подлинности" создать или изменить единственный метод — с использованием предварительного ключа. В окне свойств метода выбрать опцию "Использовать данную строку (предварительный ключ) и ввести ключ, установленный на устройстве NSG командой crypto isakmp key. Методы, существующие по умолчанию, удалить или передвинуть в конец списка. Данная настройка одинакова для обоих фильтров.

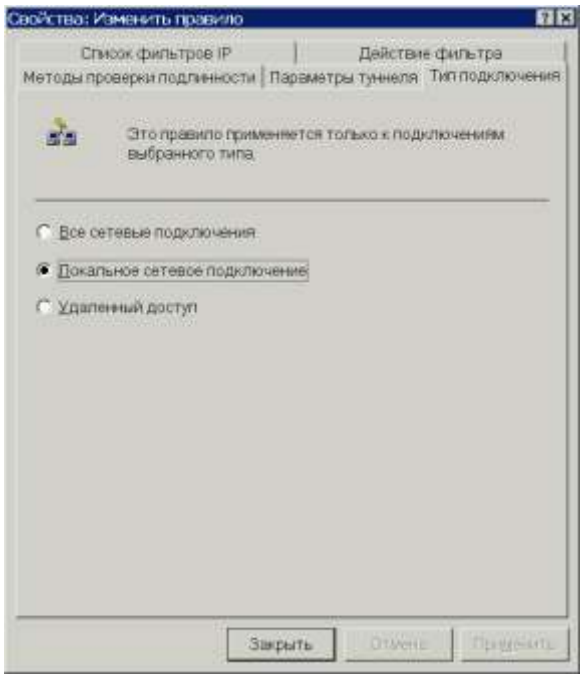


3.4. На вкладке "Параметры туннеля" для каждого из фильтров выбрать опцию "Конечная точка туннеля указана данным IP-адресом" и указать адрес внешнего (открытого) IP-интерфейса удалённой стороны. На рисунке слева фильтр NSG–MS, справа MS–NSG.

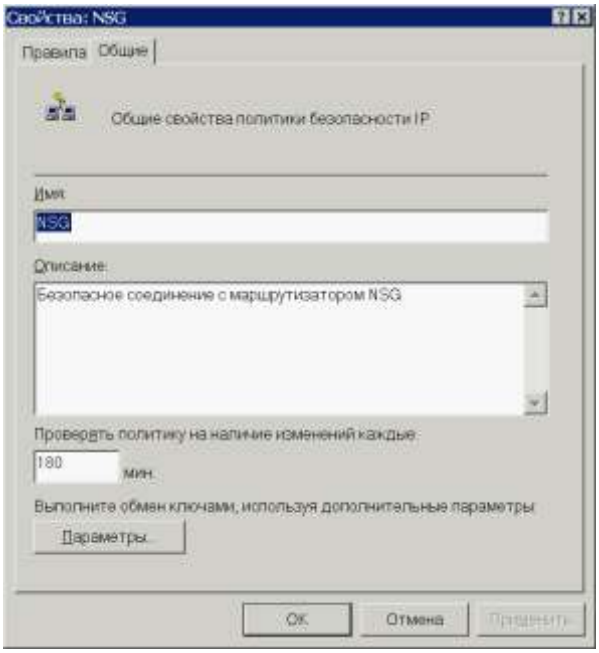




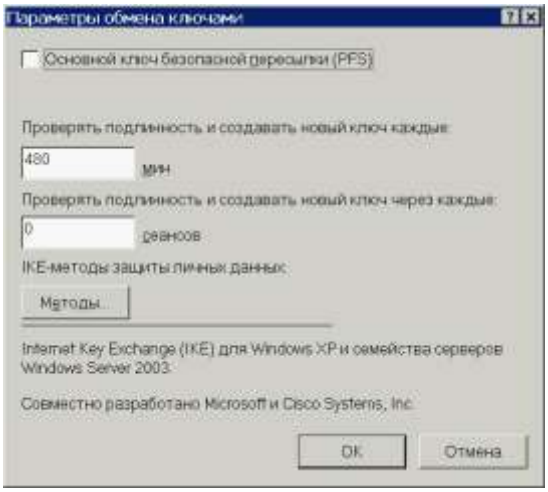
3.5. На вкладке "Тип подключения" выбрать опцию "Локальное сетевое подключение" для обоих фильтров. Закрыть окно свойств фильтра.



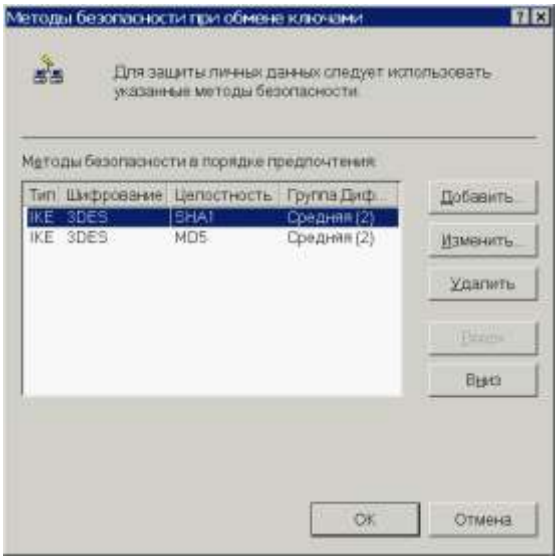
4. На вкладке "Общие" окна "Свойства политики" установить имя политики и её описание для административных целей. То и другое может быть произвольным, удобным администратору. Нажать кнопку "Параметры".



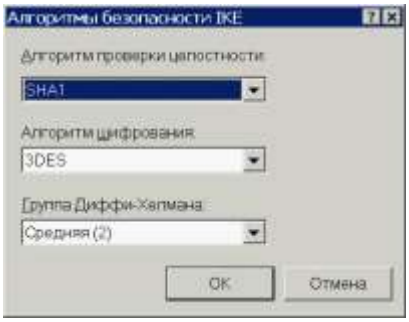
4.1. В открывшемся окне "Параметры обмена ключами" отключить опцию "Основной ключ безопасной пересылки (PFS)". Нажать кнопку "Методы".



4.1.1. В открывшемся окне "Методы безопасности при обмене ключами" оставить только один или два метода IKE: шифрование — 3DES, целостность — SHA1 или MD5, группа Диффи-Хеллмана — средняя (2).



4.1.1.1. Для создания и редактирования методов используются кнопки "Добавить" и "Изменить", которые открывают окно "Алгоритмы безопасности". Здесь следует выбрать необходимые параметры, а затем последовательно закрыть все окна свойств.



5. В консоли локальной политики безопасности выбрать политику "NSG" и совершить над ней действие "Назначить". Убедиться, что в колонке "Назначенная политика" для данной политике стоит значение "Да" (см. рис. выше в п.1).
6. Убедиться, что хосты из обеих сетей доступны друг для друга.
7. Убедиться, что трафик действительно передаётся по защищённому туннелю, с помощью команды crypto show running на устройстве NSG. (Подробно о данной команде см. п.5.4.6)

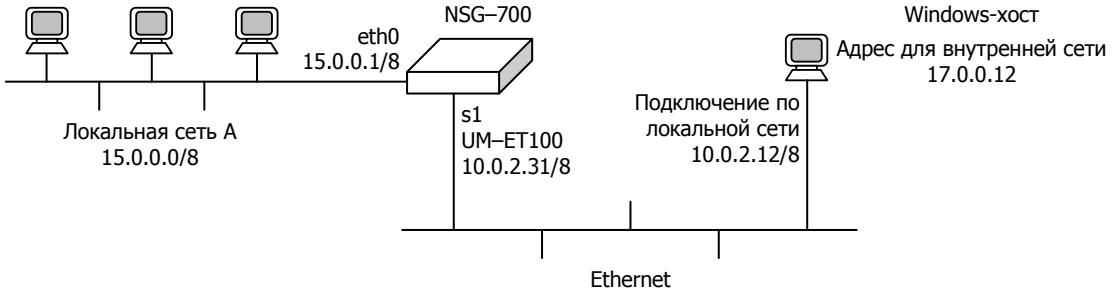
ПРИМЕЧАНИЕ Как утверждает корпорация Майкрософт (см. статью 252735 Базы Знаний), её продукты не поддерживают подключение в транспортном режиме IPsec (т.е. в качестве конечного хоста) через удалённый шлюз к сети, находящейся за этим шлюзом. При необходимости подключения удалённых пользователей по такой схеме используется инкапсуляция IPsec-over-L2TP. Поскольку данная версия NSG Linux не поддерживает L2TP, то включение по такой схеме невозможно. Как альтернативу, и альтернативу предпочтительную, корпорация Майкрософт рекомендует использовать туннели PPTP с шифрованием MPPE, реализующие схожую схему инкапсуляции IP (через шифрование и протокол второго уровня снова в IP).
Другое решение задачи состоит в использовании программных VPN-клиентов сторонних разработчиков (см. след. параграф).

§5–A.8. Настройка динамического туннеля IPsec (IKE) между NSG и IPsec-клиентами для Windows

Собственно операционные системы Windows поддерживают работу только в туннельном режиме в качестве промежуточного шлюза (см. п.5–A.7). По этой причине соединить одиночный Windows-хост с устройством NSG при помощи туннеля IPsec собственными средствами Windows невозможно. Однако существует значительное число IPsec клиентов сторонних разработчиков, позволяющих решить эту задачу. Все они, по существу, организуют в системе внутренний шлюз IPsec, за которым оказывается основной стек IP, доступный приложениям и имеющий отдельный IP-адрес. Между этим шлюзом и устройством NSG организуется туннель, внутри которого передаётся трафик между приложениями Windows и сетью, расположенной за устройством NSG.

Схема стенда показана на рисунке. Для большей ясности задачи будем предполагать, что два шлюза соединены между собой просто сетью Ethernet.

ВНИМАНИЕ Предполагается, что до начала настройки IPsec на обоих шлюзах настроена маршрутизация, так что хосты из защищённой сети успешно обмениваются IP-пакетами с Windows-хостом, и наоборот.



Конфигурация устройства NSG:

```
!
nsg
    access-list  ext-ip 152
        add 1 permit ip 15.0.0.0 0.255.255.255 host 17.0.0.12
        exit
    crypto transform-set ts1 esp 3des-sha-hmac
    crypto isakmp key 12345678 address 10.0.2.12 10.0.2.31
    crypto  map CM1
        2
            method ipsec-isakmp
            set transform-set ts1
            set peer 10.0.2.12
            match address 152
            exit
        exit
    card s1 um-et100
    port s1
        ip address 10.0.2.31/8
        crypto map CM1
        exit
    port eth0
        ip address 15.0.0.1/8
        exit
    exit
ip route 17.0.0.0/8 10.0.2.12     (только для проверки маршрутизации; после настройки VPN удалить)
!
```

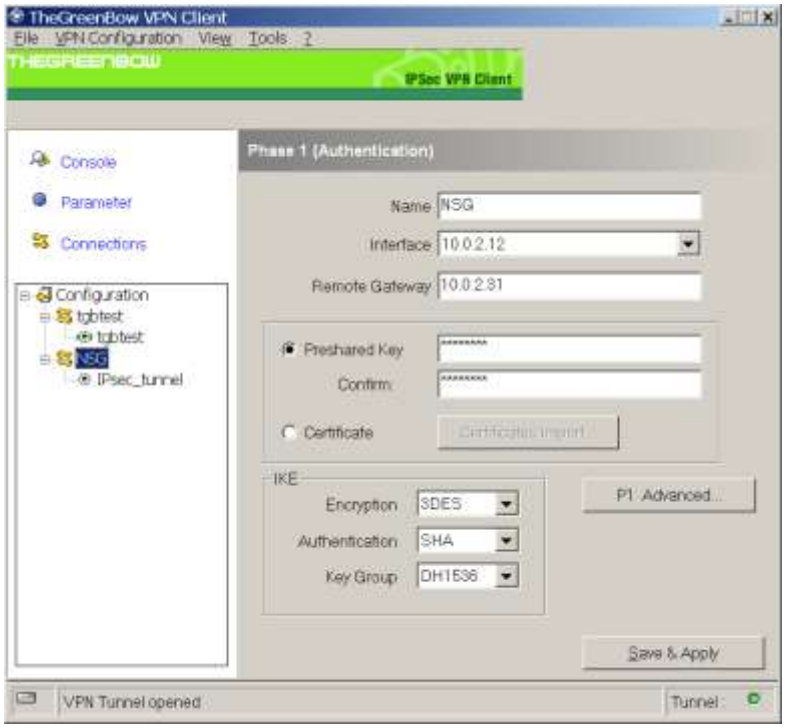
Настройка TheGreenBow VPN Client (http://www.thegreenbow.com):

Вся конфигурация укладывается в двух компактных окнах. В окне Phase 1 описываются имя и параметры туннеля, в окне Phase 2 — параметры закрываемого трафика. Оба набора параметров создаются при помощи щелчка правой клавишей мышью и пункта Add ... в выпадающем меню. Настройка показана на рисунках, существенные параметры перечислены ниже.

Encryption — 3DES

Authentication — SHA или MD5

Key Group — DH1024 или DH1536



Encryption — 3DES

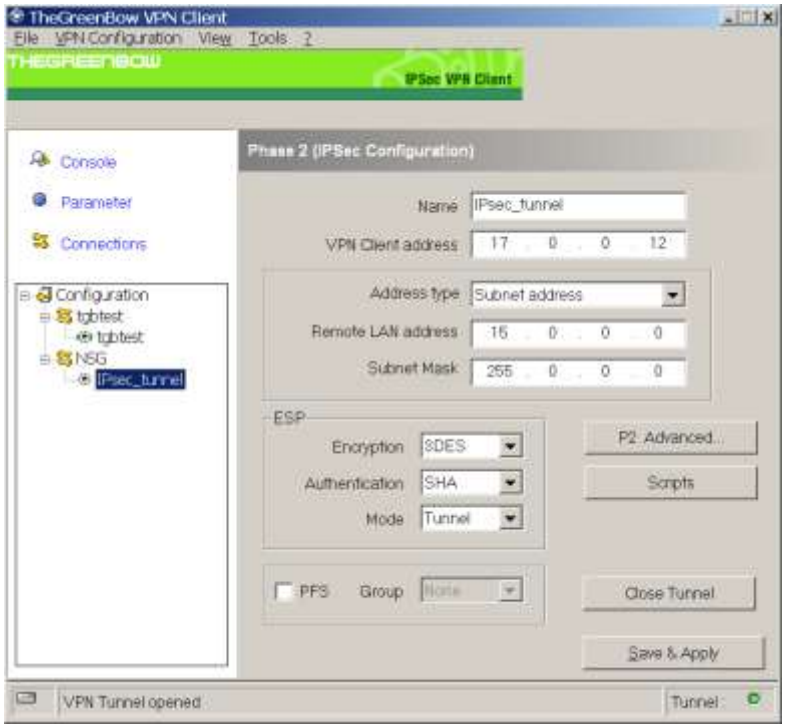
Authentication — SHA или MD5

Mode — Tunnel

PFS — отключено

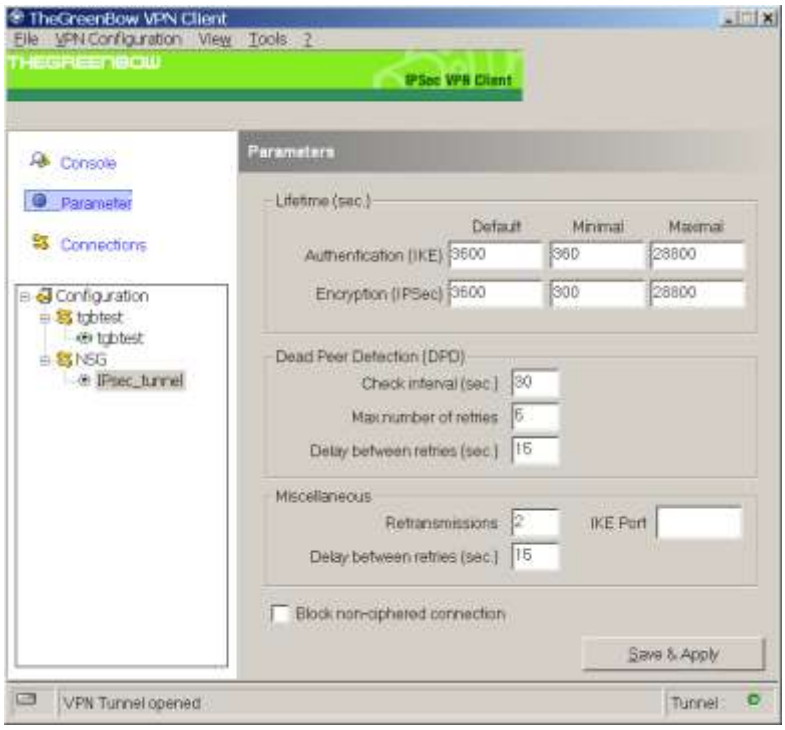
ПРИМЕЧАНИЕ

Внутренний адрес IP-клиента может как совпадать с внешним (10.0.2.12), так и отличаться от него (17.0.0.12), при соответствующих настройках *access-list* на устройстве NSG.

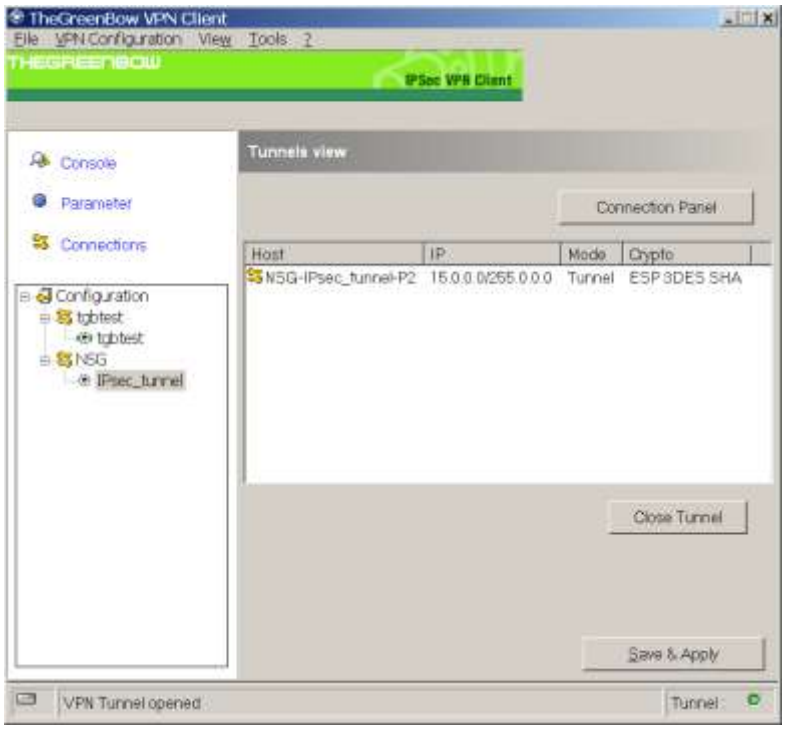


Каждый туннель устанавливается и разрывается вручную по нажатию кнопки Open/Close Tunnel в окне Phase 2.

Дополнительные параметры для всех туннелей, такие как время жизни ключей, можно установить в окне Parameter.



Установленные туннели можно просмотреть в окне Connections.

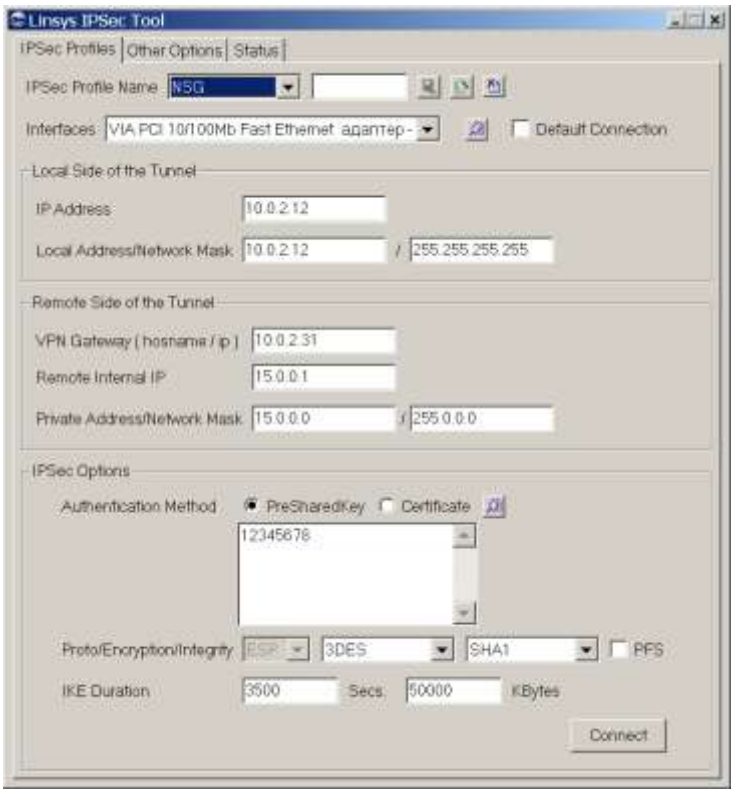


Настройка Linsys IPsec Tool (с открытым кодом, http://sourceforge.net/project/showfiles.php?group_id=139613)

Данный клиент может работать как в режиме одиночного хоста, так и в режиме шлюза, за которым расположен закрываемая подсеть (при соответствующих настройках *access-list* на устройстве NSG). При этом в режиме одиночного хоста внутренний IP-адрес должен совпадать с внешним (см. рисунок).

Конфигурация устройства NSG:

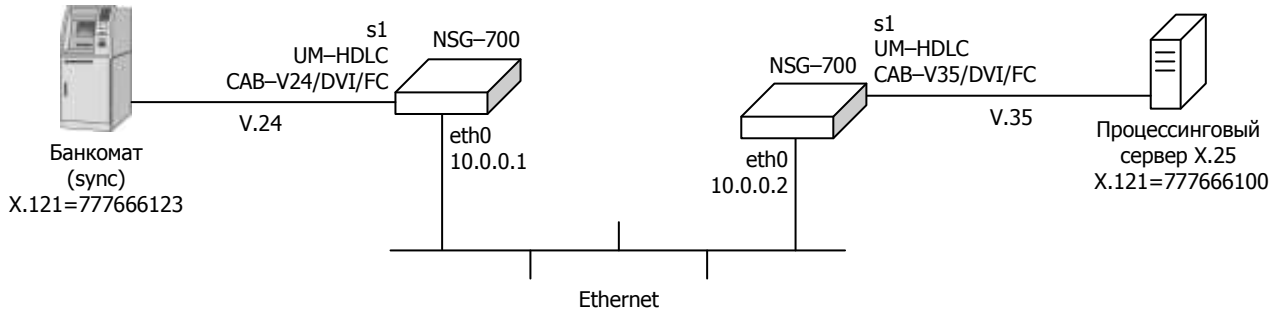
```
!
nsg
    access-list  ext-ip 153
        add 1 permit ip 15.0.0.0 0.255.255.255 host 10.0.2.12
        exit
    crypto transform-set ts1 esp 3des-sha-hmac
    crypto isakmp key 12345678 address 10.0.2.12 10.0.2.31
    crypto  map CM1
        3
            method ipsec-isakmp
            set transform-set ts1
            set peer 10.0.2.12
            match address 153
            exit
        exit
    card s1 um-et100
    port s1
        ip address 10.0.2.31/8
        crypto map CM1
        exit
    port eth0
        ip address 15.0.0.1/8
        exit
    exit
!
```



Если в поле Local Address/Network Mask и в *access-list* указана какая-либо другая подсеть (подключённая к другому интерфейсу хоста), то пакеты из этой сети будут направляться в туннель. Однако пакеты, отправляемые с самого Windows-хоста, будут иметь адрес источника, равный внешнему IP-адресу (10.0.2.12) и, соответственно, передаваться вне туннеля. Является ли такое поведение багом или фичей — рекомендуется уточнить у разработчиков данного клиента.

§5–A.9. X.25-over-VPN

Имеются банкомат(ы) и процессинговый сервер, работающие по протоколу X.25. Необходимо передать трафик X.25 между ними по защищённому туннелю IPsec. Схема стенда представлена на рисунке. Используются два устройства NSG–700 с модулями UM–HDLC (поскольку оба синхронных порта должны работать только в режиме DCE), причём на стороне банкомата порт работает в режиме V.24 со скоростью 9600 бит/с, а на стороне процессингового сервера — V.35 со скоростью 512 Кбит/с.



Конфигурация публичных интерфейсов:

```
!
nsg
    port eth0
        ip address 10.0.0.1/8
        exit
```

```
!
nsg
    port eth0
        ip address 10.0.0.2/8
        exit
```

Конфигурация портов и маршрутов X.25. Режим V.24/V.35 на модулях UM–HDLC устанавливается перемычками. Для работы XOT назначаются дополнительные формальные IP-адреса на псевдоинтерфейс lo, аналогично предыдущему примеру.

```
    card s1 um-hdlc
    port s1
        baudrate 9600
        encapsulation x25
        lapb ……
        x25 ……
        exit
    pseudo-interface lo
        ip address 11.0.0.1/32
        exit
    x25 route add 777666100 xot 11.0.0.2 xot-source 11.0.0.1
    x25 route add 777666123 port s1
```

```
    card s1 um-hdlc
    port s1
        baudrate 512000
        encapsulation x25
        lapb ……
        x25 ……
        exit
    pseudo-interface lo
        ip address 11.0.0.2/32
        exit
    x25 route add 777666100 port s1
    x25 route add 777666123 xot 11.0.0.1 xot-source 11.0.0.2
```

Конфигурация туннеля IPsec:

```
    access-list ext-ip 101
        add 10 permit ip host 11.0.0.1 host 11.0.0.2
        exit
    crypto transform-set TEST esp 3des-md5-hmac
    crypto isakmp key XAXA address 10.0.0.2 10.0.0.1
    crypto map TESTMAP
        1
            method ipsec-isakmp
            set transform-set TEST
            set peer 10.0.0.2
            match address 101
            exit
        exit
    port eth0
        crypto map TESTMAP
        exit
!
```

```
    access-list ext-ip 101
        add 10 permit ip host 11.0.0.2 host 11.0.0.1
        exit
    crypto transform-set TEST esp 3des-md5-hmac
    crypto isakmp key XAXA address 10.0.0.1 10.0.0.2
    crypto map TESTMAP
        1
            method ipsec-isakmp
            set transform-set TEST
            set peer 10.0.0.1
            match address 101
            exit
        exit
    port eth0
        crypto map TESTMAP
        exit
!
```

ПРИМЕЧАНИЕ Поскольку собственно организация связи между двумя шлюзами IPsec несущественна для сути данного примера, для простоты предполагается, что между шлюзами имеется прямое соединение Ethernet. На практике, если шлюзы соединены друг с другом через сети общего пользования, то в crypto-map необходимо добавить указание на следующий маршрутизатор:

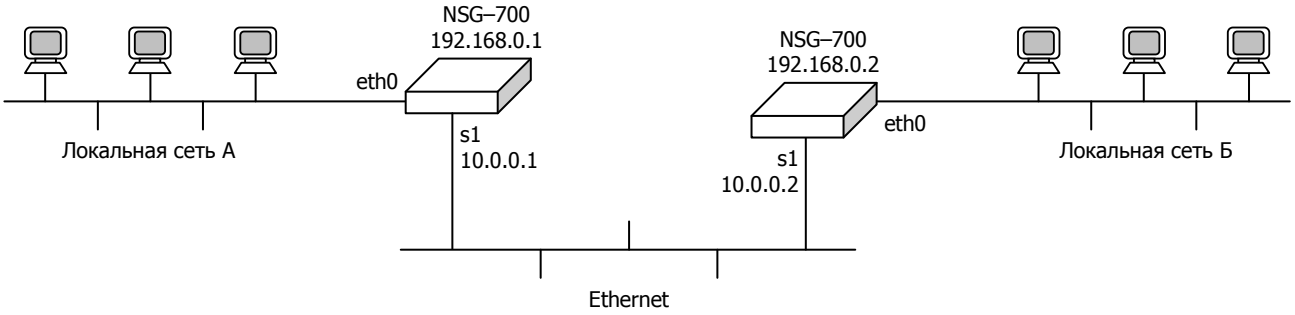
```
    set nexthop X.X.X.X
```

Для динамически настраиваемых интерфейсов PPP такое указание не требуется.

§5–A.10. Объединение сетей Ethernet через GRE и IPsec

Имеются две локальные сети офисов, между которыми имеется высокоскоростное соединение. Требуется прозрачно объединить их на втором уровне (в режиме моста) и защитить передаваемые данные с помощью IPsec. Схема стенда представлена на рисунке. Используются два устройства NSG–700 с модулями UM–ET100.

Конфигурация публичных интерфейсов:




```
!
nsg
    card s1 um-et100
    port s1
        ip address 10.0.0.1/8
        exit
```

```
!
nsg
    card s1 um-et100
    port s1
        ip address 10.0.0.2/8
        exit
```

Между устройствами образован туннель Ethernet-over-GRE, концы которого соединены с локальными сетями при помощи *bridge groups*. Сами устройства доступны в объединённой локальной сети по адресам 192.168.0.1 и 192.168.0.2, соответственно.

```
    bridge 1
        ip address 192.168.0.1/24
        exit
    tunnel ip 1
        destination-ip 10.0.0.2
        source-ip 10.0.0.1
        encapsulation eth-br-over-ip
        bridge-group 1
        exit
    port eth0
        bridge-group 1
        exit
```

```
    bridge 1
        ip address 192.168.0.2/24
        exit
    tunnel ip 1
        destination-ip 10.0.0.1
        source-ip 10.0.0.2
        encapsulation eth-br-over-ip
        bridge-group 1
        exit
    port eth0
        bridge-group 1
        exit
```

Пакеты этого туннеля с адресами источника и назначения 10.0.0.1 и 10.0.0.2 направляются в туннель IPSec:

```
    access-list ext-ip 101
        add 10 permit ip host 10.0.0.1 host 10.0.0.2
        exit
    crypto transform-set TEST esp 3des-md5-hmac
    crypto isakmp key XAXA address 10.0.0.2 10.0.0.1
    crypto map TESTMAP
        1
            method ipsec-isakmp
            set transform-set TEST
            set peer 10.0.0.2
            match address 101
            exit
        exit
    port s1
        crypto map TESTMAP
        exit
!
```

```
    access-list ext-ip 101
        add 10 permit ip host 10.0.0.2 host 10.0.0.1
        exit
    crypto transform-set TEST esp 3des-md5-hmac
    crypto isakmp key XAXA address 10.0.0.1 10.0.0.2
    crypto map TESTMAP
        1
            method ipsec-isakmp
            set transform-set TEST
            set peer 10.0.0.1
            match address 101
            exit
        exit
    port s1
        crypto map TESTMAP
        exit
!
```

В данном примере использована особенность программного обеспечения NSG Linux, допускающая направлять в туннель IPsec пакеты с адресами, равными публичным адресам шлюзов. Именно это позволяет использовать для концов туннеля GRE те же адреса публичных интерфейсов 10.0.0.1 и 10.0.0.2, как это было бы по умолчанию в случае без IPsec.

С другой стороны, чтобы избежать путаницы с адресами, можно терминировать туннель GRE на адресах, присвоенных каким-либо другим интерфейсам или псевдоинтерфейсам:

```
!
nsg
    access-list ext-ip 101
        add 10 permit ip host 11.0.0.1 host 11.0.0.2
        exit
    crypto transform-set TEST esp 3des-md5-hmac
    crypto isakmp key XAXA address 10.0.0.2 10.0.0.1
    crypto map TESTMAP
        1
            method ipsec-isakmp
            set transform-set TEST
            set peer 10.0.0.2
            match address 101
            exit
        exit
    bridge 1
        ip address 192.168.0.1/24
        exit
    tunnel ip 1
        destination-ip 11.0.0.2
        source-ip 11.0.0.1
        encapsulation eth-br-over-ip
        bridge-group 1
        exit
    card s1 um-et100
    pseudo-interface lo
        ip address 11.0.0.1/32
        exit
    port eth0
        bridge-group 1
        exit
    port s1
        ip address 10.0.0.1/8
        crypto map TESTMAP
        exit
!
```

```
!
nsg
    access-list ext-ip 101
        add 10 permit ip host 11.0.0.2 host 11.0.0.1
        exit
    crypto transform-set TEST esp 3des-md5-hmac
    crypto isakmp key XAXA address 10.0.0.1 10.0.0.2
    crypto map TESTMAP
        1
            method ipsec-isakmp
            set transform-set TEST
            set peer 10.0.0.1
            match address 101
            exit
        exit
    bridge 1
        ip address 192.168.0.2/24
        exit
    tunnel ip 1
        destination-ip 11.0.0.1
        source-ip 11.0.0.2
        encapsulation eth-br-over-ip
        bridge-group 1
        exit
    card s1 um-et100
    pseudo-interface lo
        ip address 11.0.0.2/32
        exit
    port eth0
        bridge-group 1
        exit
    port s1
        ip address 10.0.0.2/8
        crypto map TESTMAP
        exit
!
```

В данном примере адреса 11.0.0.1 и 11.0.0.2 назначены локальным псевдоинтерфейсам (lo) соответствующих устройств.

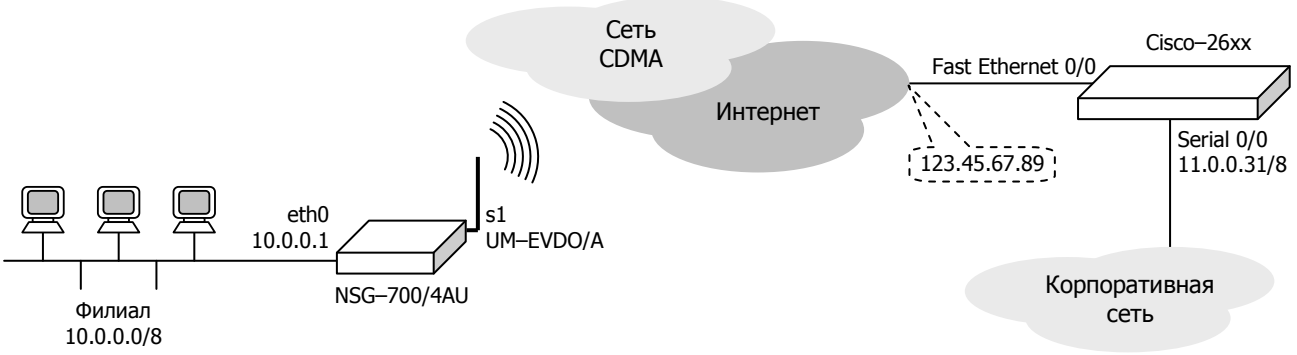
ПРИМЕЧАНИЕ Поскольку собственно организация связи между двумя шлюзами IPsec несущественна для сути данного примера, для простоты предполагается, что между шлюзами имеется прямое соединение Ethernet. На практике, если шлюзы соединены друг с другом через сети общего пользования, то в crypto-map необходимо добавить указание на следующий маршрутизатор:

```
set nexthop X.X.X.X
```

Для динамически настраиваемых интерфейсов PPP такое указание не требуется.

§5–A.11. Соединение NSG–Cisco: IPsec, динамические адреса и OSPF

Имеется удаленный филиал (или несколько), который нужно подключить к ядру корпоративной сети через сети общего пользования. Предполагается, что филиал подключён к Интернет через сеть Скайлинк и получает динамический приватный IP-адрес. Для защиты данных используется туннель IPsec. В филиале используется устройство NSG–700, на стороне головного офиса — как обычно, оборудование потенциального противника.



Между сегментами корпоративной сети необходимо организовать динамическую маршрутизацию, поскольку внутренние туннельные интерфейсы Cisco распределяются динамически и заранее неизвестно, на каком из интерфейсов окажется тот или иной удалённый офис и, соответственно, та или иная локальная сеть, расположенная за удалённым устройством NSG. В качестве протокола динамической маршрутизации в данном примере использован OSPF.

Особенность реализации IPsec в программном обеспечении Cisco, в отличие от Linux-систем, не допускает, чтобы IP-адреса источника и назначения закрываемых пакетов совпадали с публичными адресами IP-интерфейсов. Такая ситуация приводила бы к тому, что пакет IPsec снова подпадал под действие того же *access list*, шифровался повторно и т.п. до бесконечности, так и не выходя наружу. Именно это, в частности, происходило бы с пакетами протоколов динамической маршрутизации.

Обойти эту трудность в Cisco возможно, если в access-list вместо ip указать конкретный протокол 4 уровня. Но для данной задачи такое решение не подходит. Для решения этой проблемы в общем случае в Cisco предусмотрен специальный тип объектов — Virtual Tunnel Interface (VTI). Динамически создаваемые туннельные интерфейсы обозначаются как Virtual-AccessN. Им назначаются отдельные IP-адреса, и именно они участвуют в процедурах OSPF, RIP и т.п.

Конфигурация устройства Cisco 26xx, используемого в качестве VPN-шлюза головного офиса:

1. Глобальное разрешение на применение мультикастинга:

```
!
ip multicast-routing
```

2. Определение политики безопасности (устройства NSG требуют использования только 3DES, поскольку алгоритм DES в настоящее время уже не считается достаточно безопасным):

```
!
crypto isakmp policy 1
    encr 3des
    authentication pre-share
    group 2
```

3. Разделяемый ключ для построения ассоциации безопасности (SA). В качестве адреса удалённой стороны указывается 0.0.0.0, поскольку этот адрес априори неизвестен.

```
!
crypto isakmp key 12345678 address 0.0.0.0
```

4. Вместо явного описания crypto-map используется профиль для динамической ассоциации безопасности ISAKMP. Ключевые элементы: согласие на работу с любым адресом удалённой стороны (0.0.0.0), ссылка на шаблон виртуального интерфейса для создания объекта Virtual-Access, и статический адрес узла, который все клиентские шлюзы будут указывать в качестве партнёра:

```
!
crypto isakmp profile MY1
   description TEST for VTI Templates
   keyring default
   match identity address 0.0.0.0
   virtual-template 1
   local-address Loopback1
!
interface Loopback1
    ip address 123.45.67.90 255.255.255.255
```

5. Правило преобразования трафика и указание на него в профиле динамической ассоциации безопасности:

```
!
crypto ipsec transform-set TS1 esp-3des esp-sha-hmac
!
crypto ipsec profile MY2
    set transform-set TS1
```

6. Настройка внешнего интерфейса Fast Ethernet (адрес формальный, нужен только для поднятия интерфейса):

```
!
interface FastEthernet0/0
    ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
    duplex auto
    speed auto
    no keepalive
    no cdp enable
```

7. Настройка порта, обращённого в защищённую корпоративную сеть. Для разнообразия, предполагается, что это последовательный порт. Адрес интерфейса находится в адресном пространстве внутренней сети. Принципиально важный элемент — участие интерфейса в мультикаст-рассылках (предпоследняя строка).

```
!
interface Serial0/0
    ip address 11.0.0.31 255.0.0.0
    ip pim sparse-dense-mode
    no dce-terminal-timing-enable
```

8. Ключевое звено всей конфигурации — шаблон для порождаемых объектов. Именно он определяет свойства динамических интерфейсов Virtual-AccessN. Интерфейс имеет уменьшенный размер MTU (с учётом накладных расходов), участвует в мультикаст-рассылках, использует OSPF (принудительно указываются номер процесса OSPF и область OSPF). Важнейшие элементы содержатся в последних двух строках: тип туннеля (ipsec) и указание на подготовленный профиль ассоциации безопасности:

```
!
interface Virtual-Template1 type tunnel
    ip unnumbered Loopback1
    ip mtu 1408
    ip pim sparse-dense-mode
    no ip mroute-cache
    ip ospf network point-to-point
    ip ospf cost 5
    ip ospf mtu-ignore
    ip ospf 64 area 0
    load-interval 30
    tunnel mode ipsec ipv4
    tunnel protection ipsec profile MY2
```

9. Настройка процесса OSPF, в т.ч. рассылка информации о внутренней сети головного офиса удалённым клиентам. Данная информация не будет воспринята удалённым устройством ввиду ограничений реализации OSPF в продуктах Cisco (подробнее см. следующий пример), но нужна, как минимум, для работы OSPF на самом маршрутизаторе Cisco.

```
!
router ospf 64
    router-id 4.4.4.4
    log-adjacency-changes detail
    network  11.0.0.0  0.255.255.255  area 0
    default-information originate
```

10. Настройка маршрутизации:

```
!
ip classless
ip route 0.0.0.0  0.0.0.0  123.45.67.89
ip route 123.45.67.88  255.255.255.252  FastEthernet0/0
```

Конфигурация устройства NSG–700 в удалённом офисе.

1. Настройка CDMA-доступа и локального порта Ethernet:

```
!
nsg
    users
        user-name "mobile" open "internet"
        exit
    virtual-template 1
        keepalive 5 retry 2
        ppp ipcp accept-address yes
        ppp sent-username mobile
        exit
    chat-script CDMA "TIMEOUT 35 XXX-AT-OK ATD#777 CONNECT ""
    card s1 uim-cdma
    port s1
        encapsulation ppp
        virtual-template 1
        chat-script CDMA
        exit
    port eth0
        ip address 10.0.0.1/8
        exit
```

2. Определение трафика, подлежащего шифрованию. В данном случае создаётся маршрут по умолчанию, через интерфейс IPsec на шлюз центрального офиса:

```
access-list  ext-ip 151
    add 1 permit ip any any
    exit
```

3. Определение правила преобразования трафика:

```
crypto transform-set TS1 esp 3des-sha-hmac
```

4. Назначение разделяемого ключа. В качестве адреса удалённой стороны для создания ассоциации безопасности указывается адрес, назначенный локальному интерфейсу устройства Cisco; в качестве собственного адреса — нули, так как это адрес априори неизвестен.

```
crypto isakmp key 12345678 address 123.45.67.90  0.0.0.0
```

5. Описание crypto map, с теми же особенностями. nexthop в данном случае не указывается, поскольку он определяется динамически в ходе установления PPP-соединения. Опция dynamic указывает, что туннель организуется на динамически создаваемом сетевом интерфейсе и должен следовать за его состоянием. Опция pointopoint необходима для обеспечения мультикаст-рассылок. Механизм NAT Traversal включён по умолчанию.

```
crypto  map CM1
    1
        method ipsec-isakmp
        set transform-set TS1
        set peer 123.45.67.90
        match address 151
        keepalive 15 waiting 2
        options dynamic pointopoint
        exit
    exit
```

6. Включение шифрования на интерфейсе s1:

```
port s1
    crypto map CM1
    exit
```

7. Маршрутизация на удалённый шлюз IPsec:

```
!
ip route 123.45.67.89/32 s1
```

8. Включение журнала OSPF:

```
!
log file /tmp/ospf.log
```

9. Настройка процесса OSPF:

```
!
router ospf
    ospf router-id 10.0.2.31
    network 10.0.0.0/8 area 0.0.0.0
    network 20.0.0.1/32 area 0.0.0.0
    default-metric 4
    distance ospf external 3
!
```

Дополнительно на устройстве NSG может быть настроен сервер DHCP для автоматической конфигурации пользовательских компьютеров в удалённом офисе.

§5–A.12. Соединение NSG–Cisco: IPsec, OSPF и альтернативные маршруты

Особенностью объекта Virtual Access в маршрутизаторах Cisco является то, что он обязательно должен быть ненумерованным IP-интерфейсом. В то же время реализация OSPF в маршрутизаторах Cisco имеет следующую особенность, особо отмеченную в документации Cisco:

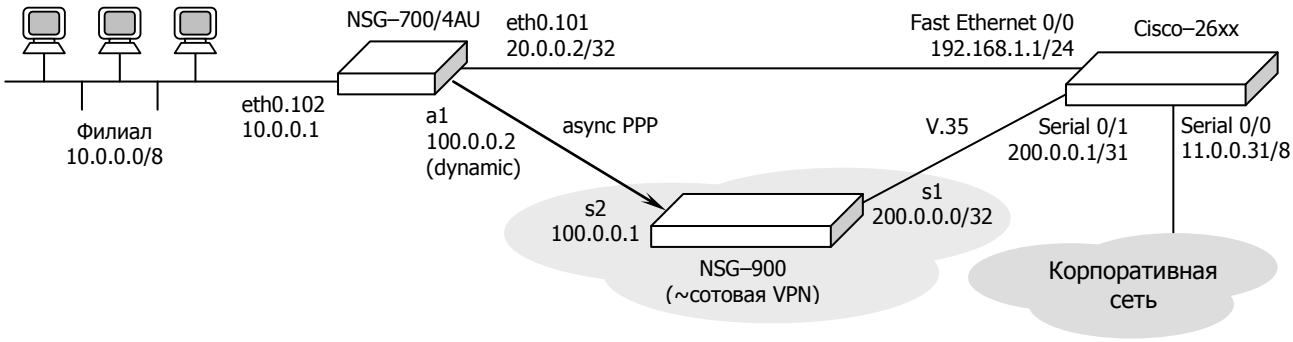
> "With OSPF using a static IP address on the branch router and IP unnumbered interface on the virtual template, OSPF neighbors come up but the branch does not receive any OSPF routes from the headend."

См. документ OL-9025-01 Virtual Tunnel Interface (VTI) Design Guide, p.47. Фактически в этом случае, как выясняется из трассы, центральный маршрутизатор Cisco рассылает в сообщениях OSPF вместо адреса шлюза какую-то иную информацию (вероятно, свой внутренний указатель на интерфейс). В то же время удалённый маршрутизатор должен прислать в центр информацию о статической сети филиала. Таким образом, имеет место в точности указанный случай.

Данная проблема обнаруживается вполне наглядно, если филиал имеет два или более альтернативных маршрутов до центрального офиса, и администратор планирует использовать OSPF для управления ими. По вышеописанной причине, такая работа OSPF в сочетании с IPsec невозможна.

Программное обеспечение NSG Linux, однако, позволяет обойти эту трудность, используя механизм *netping* и скрипты (см. Часть 4, Часть 6) для управления интерфейсами и маршрутами. Схема стенда представлена на рисунке.

Предполагается, что между удалённым филиалом (NSG–700) и головным офисом (Cisco 26xx) имеется соединение Ethernet общего пользования, которое является основным. (На практике это будет, скорее всего, соединение через несколько последовательных сетей, но это не имеет отношения к сути рассматриваемой проблемы.) Трафик в этом соединении защищается с помощью IPsec. При отказе этого соединения используется резервное соединение через VPN сотового оператора[1]. Поскольку она защищена и изолирована от внешнего мира средствами оператора, дополнительная защита данных в этом случае не требуется. Существенным является требование, чтобы внутри сотовой VPN был включён OSPF. Чтобы получить законченный стенд в лабораторных условиях, в качестве модели сети сотового оператора используется устройство NSG–900, к которому клиент устанавливает PPP-соединение через асинхронный порт.



Суть предлагаемого решения состоит в следующем:

— Решение опирается на предыдущий пример с использованием технологий OSPF и Cisco VTI.

— На маршрутизаторе NSG–700 основной канал является маршрутом по умолчанию. Этот маршрут всегда существует и направлен в туннель IPSec независимо от того, работает ли он в данный момент.

— Используются механизмы контроля за состоянием IPSec (Dead Peer Detection) и маршрутами как на стороне NSG, так и на стороне Cisco.

— Ключевым элементом решения является механизм *netping*, работающий на стороне NSG–700 по следующему алгоритму:

  — Работоспособность основного канала периодически контролируется при помощи *ping* на публичный адрес Cisco. Интервал посылки, число пакетов, максимальное число неудачных попыток могут варьироваться.

  — Если обнаружена неработоспособность основного канала, то выполняется скрипт, поднимающий резервное соединение.

  — После успешного старта резервного канала, автоматически поднимается статический маршрут в корпоративную сеть 11.0.0.0/8, направленный в этот канал. Теперь все пакеты от хостов, расположенных в удалённом офисе за NSG–700, направляются в резервный канал.

[1] В терминологии сотовых операторов под VPN подразумевается замкнутая группа пользователей, изолированная от внешнего мира средствами сотовой сети. В такой сети пользователи VPN доступны только друг для друга, а также для головного офиса(-ов), подключённого к оператору посредством физического соединения или безопасного туннеля IPsec, PPTP L2TP. Пользователи в сотовой VPN и интерфейс центрального маршрутизатора имеют, как правило, адреса из приватного диапазона, но эти адреса могут быть статическими.

— Независимо от состояния основного и резервного каналов, NSG–700 продолжает посылать *ping* на публичный адрес Cisco по единственному маршруту, имеющемуся для этого адреса — через основной канал.

— В случае поднятия основного канала первым практически всегда восстанавливается туннель IPsec, поскольку это происходит немедленно. *netping* работает периодически и через некоторое время обнаруживает, что канал восстановился. В этом случае выполняется скрипт, отключающий резервный канал. Как следствие, статический резервный маршрут немедленно удаляется из таблицы маршрутизации, и данные направляются в работающий основной канал.

Конфигурация Cisco–26xx в головном офисе:

1. Настройка IPsec в основном канале связи — аналогично предыдущему примеру. Дополнительно включён механизм DPD, необходимый для обнаружения отказа основого канала связи и перехода на резервный.

```
!
ip multicast-routing
!
crypto isakmp policy 1
     encr 3des
     authentication pre-share
     group 2
!
crypto isakmp key 12345678 address 0.0.0.0
crypto isakmp keepalive 10 periodic
!
crypto isakmp profile MY1
   description TEST for VTI Templates
   keyring default
   match identity address 0.0.0.0
   virtual-template 1
   local-address Loopback1
!
interface Loopback1
     ip address 20.0.0.1 255.255.255.255
!
crypto ipsec transform-set TS1 esp-3des esp-sha-hmac
!
crypto ipsec profile MY2
     set transform-set TS1
!
interface FastEthernet0/0
     ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
     duplex auto
     speed auto
     no keepalive
     no cdp enable
!
interface Serial0/0
     ip address 11.0.0.31 255.0.0.0
     ip pim sparse-dense-mode
     no dce-terminal-timing-enable
!
interface Virtual-Template1 type tunnel
     ip unnumbered Loopback1
     ip mtu 1408
     ip pim sparse-dense-mode
     no ip mroute-cache
     ip ospf network point-to-point
     ip ospf cost 5
     ip ospf mtu-ignore
     ip ospf 64 area 0
     load-interval 30
     tunnel mode ipsec ipv4
     tunnel protection ipsec profile MY2
!
```

2. Настройка второго канала связи (соединения с "сотовым оператором"):

```
!
interface Serial0/1
    ip address 200.0.0.1 255.255.255.254
    clockrate 19200
    no dce-terminal-timing-enable
```

3. Настройка динамической и статической маршрутизации:

```
!
router ospf 64
    router-id 4.4.4.4
    log-adjacency-changes detail
    network  11.0.0.0  0.255.255.255  area 0
    network 200.0.0.1 0.0.0.0 area 0
!
ip classless
ip route 0.0.0.0  0.0.0.0  20.0.0.2
ip route 20.0.0.2  255.0.0.0  FastEthernet0/0
!
```

Конфигурация NSG–900, моделирующего VPN сотового оператора:

1. Настройка соединения с устройством Cisco в головном офисе:

```
!
nsg
    chassis nsg900-4wl
    card s1 im-v35
    port s1
        ip address 200.0.0.0/32 peer 200.0.0.1
        exit
```

2. Настройка PPP-порта для входящих соединений со стороны удалённого офиса. Клиенту будет динамически назначен адрес 100.0.0.2.

```
    virtual-template 1
        ppp options "local"
        ppp debug on
        peer ip address 100.0.0.2
        ip address 100.0.0.1
        exit
    card s2 im-v24
    port s2
        physical-layer async
        encapsulation ppp
        virtual-template 1
        exit
!
```

3. Настройка динамической и статической маршрутизации:

```
!
router ospf
    ospf router-id 200.200.200.200
    redistribute static metric 2
    network 200.0.0.1/32 area 0.0.0.0
!
ip route 10.0.0.0/8  s2
!
```

Конфигурация NSG–700/4AU в удалённом офисе:

1. Настройка портов Ethernet (внутреннего и внешнего), IPsec в основном канале связи — в основном аналогично предыдущему примеру.

```
!
nsg
    ethernet-switch
        mode vlan
        exit
    port eth0
        vlan 101
            ip address 20.0.0.2/32
            crypto map CM1
            exit
        vlan 102
            ip address 10.0.0.1/24
            exit
        exit
    access-list  ext-ip 151
        add 1 permit ip any any
        exit
    crypto transform-set TS1 esp 3des-sha-hmac
    crypto isakmp key 12345678 address 20.0.0.1 0.0.0.0
    crypto  map CM1
        1
            method ipsec-isakmp
            set transform-set TS1
            set peer 20.0.0.1
            match address 151
            keepalive 15 waiting 2
            options dynamic pointopoint
            exit
        exit
```

2. Настройка резервного канала связи:

```
!
nsg
    virtual-template 1
        ppp ipcp accept-address yes
        ppp options "local"
        ppp debug on
        exit
    port a1
        encapsulation ppp
        adm-state down
        virtual-template 1
        exit
```

3. Настройка маршрутизации. Помимо маршрутов, имеющихся в предыдущем примере, статически определён ещё один маршрут в корпоративную сеть — через резервное соединение. Однако действовать он будет только в случае, если интерфейс a1 находится в состоянии UP.

```
!
ip route 11.0.0.0/8 100.0.0.1
ip route 20.0.0.1/32 eth0.101
!
log file /tmp/ospf.log
!
router ospf
    ospf router-id 10.0.0.1
    network 10.0.0.0/8 area 0.0.0.0
    network 20.0.0.1/32 area 0.0.0.0
    default-metric 4
    distance ospf external 3
!
```

4. Ключевой момент всего решения — настройка *netping* и скриптов для управления интерфейсами:

```
!
nsg
    netping 1
        source 10.0.0.1
        destination 20.0.0.1
        interval 3
        packets 1
        retry 2
        restore-script 2
        failure-script 1
        exit
    script add 1 "config-nsg port a1 adm-state up"
    script add 2 " config-nsg port a1 adm-state down"
!
```

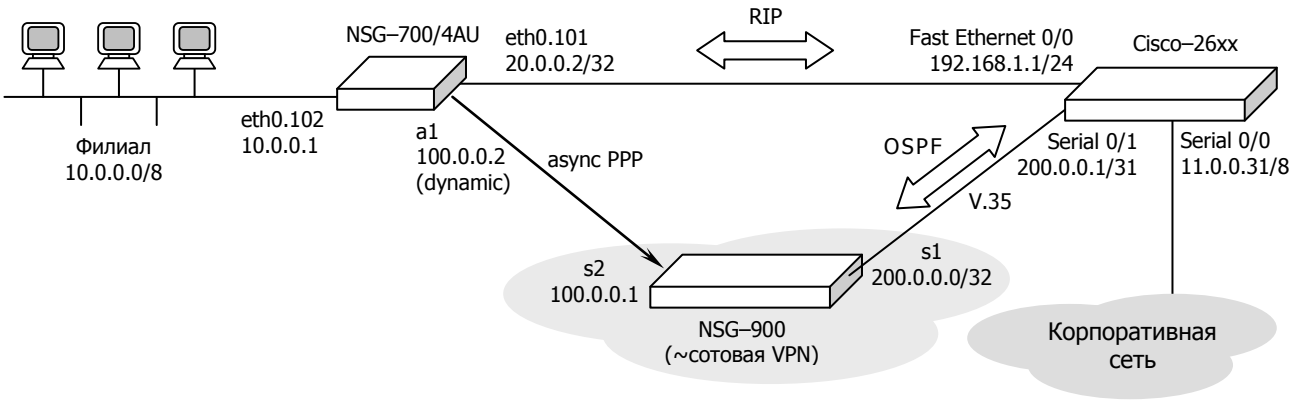
Вариант: пользователям, знакомым с ОС Linux, возможно, будет удобнее использовать скрипты, напрямую записывающие состояние интерфейса в proc-файловую систему:

```
script add 1 "echo up > /proc/sys/nsg/port/a1/adm-state"
script add 2 "echo down > /proc/sys/nsg/port/a1/adm-state"
```

Как вариант, можно также держать резервный канал постоянно поднятым (это особенно актуально для соединений CDMA, требующих длительного времени — до 40 сек. — на включение модуля) и вместо этого напрямую манипулировать таблицей маршрутизации при помощи команд ОС Linux route add / route del.

§5–A.13. Соединение NSG–Cisco: IPsec, RIP и альтернативные маршруты

Другое решение задачи, рассмотренной в предыдущих двух примерах. Вместо OSPF в основном канале используется RIP v1. В отличие от OSPF, RIP в устройствах Cisco корректно работает с объектами Virtual-Access. Это не самый эффективный вариант для сотовых соединений, поскольку приводит к существенно большему трафику; однако он вполне приемлем в случае, когда основным каналом связи является сеть Ethernet или другой наземный канал связи с низкой стоимостью трафика или фиксированной оплатой.



Изначально (при неработающем туннеле) маршрутов по умолчанию ни на одной стороне нет, есть только маршруты между сегментами корпоративной сети 10.0.0.0/8 и 11.0.0.0/8, направленные через резервный канал. На устройствах NSG они определены статически, на Cisco передаются по OSPF. При наличии туннеля IPsec они замещаются маршрутами, полученными по RIP через туннель; при разрыве туннеля они снова вступают в силу.

Конфигурация Cisco–26xx в головном офисе:

1. Настройка IPsec в основном канале связи — аналогично предыдущему примеру. Дополнительно включён механизм DPD, необходимый для обнаружения отказа основного канала связи и перехода на резервный.

```
!
ip multicast-routing
!
crypto isakmp policy 1
    encr 3des
    authentication pre-share
    group 2
!
crypto isakmp key 12345678 address 0.0.0.0
crypto isakmp keepalive 10 periodic
!
```

```
crypto isakmp profile MY1
   description TEST for VTI Templates
   keyring default
   match identity address 0.0.0.0
   virtual-template 1
   local-address Loopback1
!
interface Loopback1
    ip address 20.0.0.1 255.255.255.255
!
crypto ipsec transform-set TS1 esp-3des esp-sha-hmac
!
crypto ipsec profile MY2
    set transform-set TS1
!
interface FastEthernet0/0
    ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
    duplex auto
    speed auto
    no keepalive
    no cdp enable
!
interface Serial0/0
    ip address 11.0.0.31 255.0.0.0
    ip pim sparse-dense-mode
    no dce-terminal-timing-enable
!
interface Serial0/1
    ip address 200.0.0.1 255.255.255.254
    clockrate 19200
    no dce-terminal-timing-enable
!
```

2. Настройка Virtual-Access:

```
!
interface Virtual-Template1 type tunnel
    ip unnumbered Loopback1
    ip mtu 1408
    ip rip send version 1
    ip rip receive version 1
    load-interval 30
    tunnel mode ipsec ipv4
    tunnel protection ipsec profile MY2
```

3. Настройка динамической и статической маршрутизации:

```
!
router ospf 64
    router-id 4.4.4.4
    log-adjacency-changes detail
    network  11.0.0.0  0.255.255.255  area 0
    network 200.0.0.1 0.0.0.0 area 0
    distance 70
!
router rip
    version 1
    network 11.0.0.0
    network 20.0.0.0
    default-metric 1
    distance 50
!
ip classless
ip route 20.0.0.2  255.0.0.0  FastEthernet0/0
!
```

Конфигурация NSG–900, моделирующего VPN сотового оператора, полностью повторяет предыдущий пример, за исключением метрики маршрутов OSPF:

1. Настройка соединения с устройством Cisco в головном офисе:

```
!
nsg
    chassis nsg900-4wl
    card s1 im-v35
    port s1
        ip address 200.0.0.0/32 peer 200.0.0.1
        exit
```

2. Настройка PPP-порта для входящих соединений со стороны удалённого офиса. Клиенту будет динамически назначен адрес 100.0.0.2.

```
    virtual-template 1
        ppp options "local"
        ppp debug on
        peer ip address 100.0.0.2
        ip address 100.0.0.1
        exit
    card s2 im-v24
    port s2
        physical-layer async
        encapsulation ppp
        virtual-template 1
        exit
!
```

3. Настройка динамической и статической маршрутизации:

```
!
router ospf
    ospf router-id 200.200.200.200
    redistribute static metric 2
    network 200.0.0.1/32 area 0.0.0.0
!
ip route 10.0.0.0/8  s2
!
```

Конфигурация NSG–700/4AU в удалённом офисе:

4. Настройка портов Ethernet (внутреннего и внешнего), IPsec в основном канале связи — в основном аналогично предыдущему примеру. Существенным является опция IPsec active, которая поднимает туннель при старте IPsec независимо от наличия пользовательского трафика.

```
!
nsg
    ethernet-switch
        mode vlan
        exit
    port eth0
        vlan 101
            ip address 20.0.0.2/32
            crypto map CM1
            exit
        vlan 102
            ip address 10.0.0.1/24
            exit
        exit
    access-list  ext-ip 151
        add 1 permit ip any any
        exit
    crypto transform-set TS1 esp 3des-sha-hmac
    crypto isakmp key 12345678 address 20.0.0.1 0.0.0.0
    crypto  map CM1
        1
            method ipsec-isakmp
            set transform-set TS1
            set peer 20.0.0.1
```

```
            match address 151
            keepalive 15 waiting 2
            options dynamic active pointopoint
            exit
        exit
```

5. Настройка резервного канала связи:

```
!
nsg
    virtual-template 1
        ppp ipcp accept-address yes
        ppp options "local"
        ppp debug on
        exit
    port a1
        encapsulation ppp
        virtual-template 1
        exit
```

6. Настройка маршрутизации. Помимо маршрутов, имеющихся в предыдущем примере, статически определён ещё один маршрут в корпоративную сеть — через резервное соединение. Действовать он будет только в случае, если интерфейс a1 находится в состоянии UP. Существенно, чтобы он указывал не на имя интерфейса (a1), а на адрес шлюза (100.0.0.1) — в этом случае он "на равных" состязается с маршрутами, полученными через протоколы динамической маршрутизации. При указании имени интерфейса маршрут считался бы ведущим в непосредственно подключённую сеть и имел бы приоритет перед всеми остальными.

```
services
    ospf disable
    bgp disable
    exit
!
router rip
    version 1
    network 10.0.0.0/8
    network 20.0.0.0/8
    network 20.0.0.1/32
!
interface ipsec0
    multicast
    ip rip send version 1
    ip rip receive version 1
!
ip route 11.0.0.0/8 100.0.0.1 145
ip route 20.0.0.1/32 eth0.101
!
log file /tmp/ospf.log
!
```

В результате получаем следующую картину работы всех трёх устройств:

NSG–700 (удалённый офис) изначально не имеет никакого маршрута по умолчанию. После включения оно немедленно (options active) приступает к установлению туннеля. Если туннель установлен успешно, то в таблице маршрутизации возникает маршрут, полученный по RIP (выделен курсивом):

```
nsg@nsg root # route

Kernel IP routing table
```

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
100.0.0.1	*	255.255.255.255	UH	0	0	0	s1
20.0.0.1	*	255.255.255.255	UH	0	0	0	ipsec0
20.0.0.0	20.0.0.1	255.0.0.0	UG	3	0	0	ipsec0
10.0.0.0	*	255.0.0.0	U	0	0	0	eth0.102
11.0.0.0	*20.0.0.1*	*255.0.0.0*	*UG*	*3*	*0*	*0*	*ipsec0*
default	20.0.0.1	128.0.0.0	UG	0	0	0	ipsec0
128.0.0.0	20.0.0.1	128.0.0.0	UG	0	0	0	ipsec0

При этом в таблице имеется статический маршрут через резервный канал

```
ip route 11.0.0.0/8 100.0.0.1 145
```

однако он в данный момент не активен, поскольку по RIP получен маршрут в сеть 11.0.0.0/8 с лучшей метрикой:

```
.....
R>*   11.0.0.0/8 [120/3] via 20.0.0.1, ipsec0, 00:05:59
S     11.0.0.0/8 [145/0] via 100.0.0.1, s1
.....
```

поэтому пакеты идут между устройствами через основной высокоскоростной канал, что видно, например, по времени *ping*:

```
nsg@nsg root # ping 11.0.0.31 -I 10.0.0.1

64 bytes from 11.0.0.31: icmp_seq=18 ttl=255 time=8.0 ms
64 bytes from 11.0.0.31: icmp_seq=19 ttl=255 time=8.7 ms
```

Сам резервный канал при этом находится в состоянии UP.

Если возникает отказ основого канала, то он обнаруживается с помощью DPD, туннель ipsec0 считается разорванным, и маршруты, полученные по RIP, исчезают:

```
nsg@nsg root # route

Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags   Metric  Ref     Use     Iface
100.0.0.1       *               255.255.255.255 UH      0       0       0       s1
20.0.0.1        *               255.255.255.255 UH      0       0       0       ipsec0
10.0.0.0        *               255.0.0.0       U       0       0       0       eth0.102
11.0.0.0        100.0.0.1       255.0.0.0       UG      0       0       0       s1
```

Теперь все данные посылаются по резервному каналу:

```
.....
64 bytes from 11.0.0.31: icmp_seq=4 ttl=254 time=280.4 ms
64 bytes from 11.0.0.31: icmp_seq=5 ttl=254 time=290.4 ms
.....
```

Независимо от работающего резервного канала, предпринимаются попытки восстановить работу основного туннеля IPsec. Когда туннель восстановлен, работа по нему начинается не сразу, а по мере прихода маршрутной информации. Сначала одна сторона начинает посылать данные по основному туннелю, другая же продолжает использовать резервный канал, и время *ping* равно среднему между ними:

```
64 bytes from 11.0.0.31: icmp_seq=183 ttl=255 time=144.3 ms
64 bytes from 11.0.0.31: icmp_seq=184 ttl=255 time=144.8 ms
.....
```

После завершения обмена маршрутной информацией обе стороны снова используют основной туннель:

```
64 bytes from 11.0.0.31: icmp_seq=198 ttl=255 time=8.2 ms
64 bytes from 11.0.0.31: icmp_seq=199 ttl=255 time=8.1 ms
.....
```

NSG–900 (эмулятор сотовой VPN):

При подключении клиента ему назначается соответствующий динамический IP-адрес (в реальной инсталляции за это обычно отвечает RADIUS-сервер) и устанавливается статический маршрут в сторону подключившегося клиента:

```
ip route 10.0.0.0/8 s2
```

Информация о новом активном маршруте передаётся, с большой метрикой, по OSPF в сторону Cisco, чтобы и оно, если потребуется, направляло трафик по резервному маршруту (redistribute static metric 2). В результате на устройстве есть маршруты как в сторону филиала, так и в сторону головного офиса:

```
root@nsg root # route

Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
100.0.0.2       *               255.255.255.255 UH      0       0       0       s2
200.0.0.1       *               255.255.255.255 UH      0       0       0       s3.0
200.0.0.0       200.0.0.1       255.255.255.254 UG      74      0       0       s3.0
192.168.1.0     200.0.0.1       255.255.255.0   UG      20      0       0       s3.0
10.0.0.0        *               255.0.0.0       U       0       0       0       s2
11.0.0.0        200.0.0.1       255.0.0.0       UG      74      0       0       s3.0
```

(Часть маршрутов в данной таблице получена от Cisco по OSPF и непосредственного отношения к сути задачи не имеет.)

На устройстве Cisco–26*xx* (головной офис) после поднятия основного канала образуется интерфейс Virtual-AccessN и по RIP приходит маршрут от клиента NSG–700:

```
R    10.0.0.0/8 [50/1] via 20.0.0.2, 00:00:16, Virtual-Access2
```

Весь трафик в сторону клиента идет по основному каналу. При отказе основного канала этот маршрут пропадает, но вместо него от NSG–900 уже имеется маршрут (с большей метрикой 2) о статическом маршруте через резервный канал:

```
.....
O E2 10.0.0.0/8 [70/2] via 200.0.0.0, 00:00:04, Serial0/1
.....
```

и весь трафик в сторону клиента немедленно направляется по резервному каналу. При восстановлении туннеля восстанавливается и основной маршрут.

ПРИМЕЧАНИЕ Приоритетность маршрутов в конфигурации Cisco определена заранее параметрами:

```
router rip
  distance 50
```

и

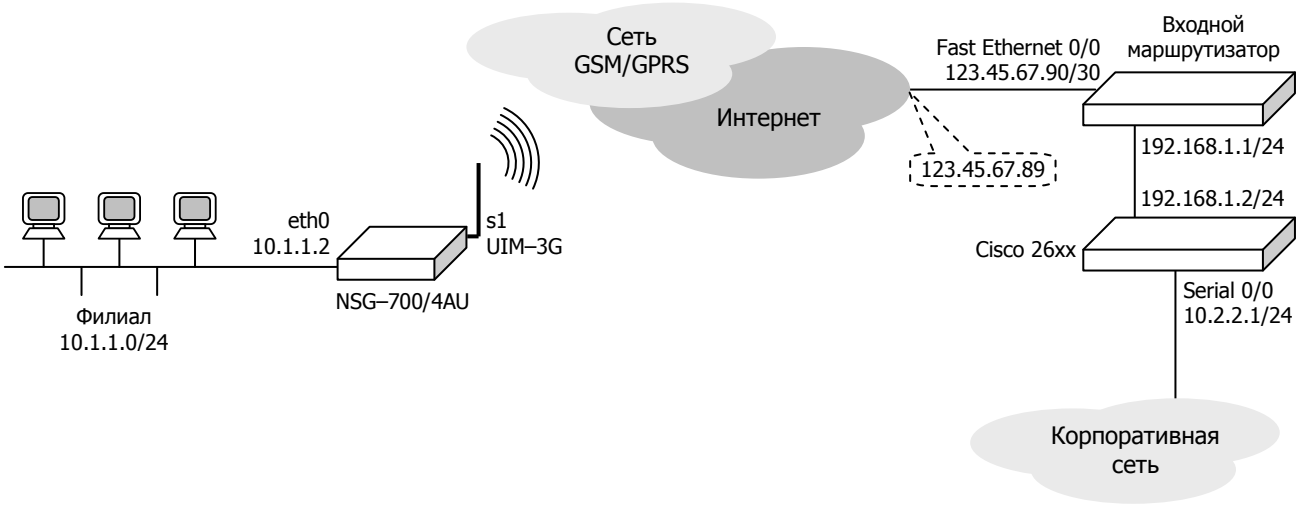
```
router ospf 64
  distance 70
```

Во всех случаях используются относительные значения метрик, расстояний и т.п.: distance 70 против 50, metric 2 против 1 (по умолчанию) и т.п. При этом параметр distance сам по себе имеет приоритет перед metric.

§5–A.14. Соединение NSG–Cisco с использованием *Destination NAT* и *dynamic map*

Требуется использовать устройство NSG в качестве клиентского в схеме, описанной в документе Cisco:

PIX/ASA 7.x and later : Dynamic IPsec Between a Statically addressed PIX and a Dynamically addressed IOS Router with NAT Configuration Example



Основные особенности рассматриваемого решения:

— Сервер расположен во внутренней сети головного офиса, скрытой за Destination NAT на входном маршрутизаторе.

— Клиент(ы) получает динамический приватный адрес для доступа в сеть поставщика услуг. Выход из сети поставщика услуг в Интернет осуществляется с использованием Source NAT.

— Трафик из локальной сети филиала (10.1.1.0/24) в сеть головного офиса (10.2.2.0/24) направляется в безопасный туннель IPsec.

— Весь остальной трафик из локальной сети филиала во внешний мир NAT-ируется и отправляется с Source IP публичного интерфейса NSG.

— Используется механизм контроля целостности тунеля (DPD), а также поддержание и восстановление IPSec-туннеля в случае переустановки соединения с сетью общего пользования.

Используется устройство NSG–700/4AU *h/w ver.5* с модулем UIM–3G. Поставщик услуг GPRS — МТС.

Конфигурация устройства Cisco–26xx:

```
!
version 12.3
hostname Router
!
crypto isakmp policy 1
    encr 3des
    hash md5
    authentication pre-share
    group 2
crypto isakmp key 12345678 address 0.0.0.0 0.0.0.0
crypto isakmp identity hostname
crypto isakmp keepalive 10 periodic
crypto isakmp nat keepalive 10
!
crypto ipsec transform-set router-set esp-3des esp-md5-hmac
!
crypto dynamic-map cisco 1
    set transform-set router-set
    match address 101
!
crypto map dyn-map 10 ipsec-isakmp dynamic cisco
!
interface FastEthernet0/0
    ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
    crypto map dyn-map
!
interface Serial0/0
    ip address 10.2.2.1 255.255.255.0
!
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.1.1
!
access-list 101 permit ip 10.2.2.0 0.0.0.255 10.1.1.0 0.0.0.255
!
```

Конфигурация устройства NSG–700:

```
hostname nsg
!
nsg
    users
        user-name "mts" open "mts"
        exit
    access-list ext-ip 151
        add 1 permit ip 10.1.1.0 0.0.0.255 10.2.2.0 0.0.0.255
        exit
    virtual-template 1
        keepalive 30 retry 3
        ppp ipcp accept-address yes
        ppp debug on
        ppp set-default-route yes
        ppp sent-username mts
        exit
    crypto transform-set ts1 esp 3des-md5-hmac
    crypto isakmp key 12345678 hostname @Router. 0.0.0.0
    crypto map CM1
        1
            method ipsec-isakmp
            set transform-set ts1
            set peer 123.45.67.90
            set hostname @Router.
            match address 151
            keepalive 15 waiting 2
            options dynamic active
            exit
        exit
```

```
        chat-script MTS "TIMEOUT 20 XXX-\rAT-OK AT+CGDCONT=1,\"IP\",\"internet.mts.ru\" OK                ↵
ATD*99***1#CONNECT ""
        card s1 uim-3g
        port eth0
            ip address 10.1.1.2/24
            exit
        port s1
            encapsulation ppp
            virtual-template 1
            chat-script MTS
            crypto map CM1
            nat source prio 1 masquerade
            exit
    !
    ip route 0.0.0.0/0 s1
    !
```